

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA INDUSTRIAL**

“PROPUESTA DE MEJORA EN LA PLANIFICACIÓN
DE FORRAJE MEDIANTE PROGRAMACIÓN
LINEAL PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD
EN UNA EMPRESA GANADERA, CAJAMARCA,
2022”

Tesis para optar al título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Luis Alberto Lingan Vasquez

Asesor:

Mg. Miguel Enrique Alcalá Adrianzén

<https://orcid.org/0000-0002-5478-5910>

Trujillo - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	Ing. Luis Alfredo Mantilla Rodríguez	18066188
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 2	Ing. Julio Cesar Cubas Rodríguez	17864776
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

Jurado 3	Ing. Mario Alberto Alfaro Cabello	07752467
	Nombre y Apellidos	N.º DNI

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme cumplir con este objetivo más en mi vida, por guiar mis pasos hacia mi crecimiento como persona, profesional y por darme fuerza en mis momentos más difíciles.

A mis padres, por su apoyo incondicional en cada proceso de mi vida, desde mi concepción hasta la época actual y por inspirarme en ser cada día mejor en base a esfuerzo y dedicación

AGRADECIMIENTO

A Dios, por darnos la fuerza y presentarnos las oportunidades para ser mejor cada día, por ser ese soporte espiritual en momentos duros y por su amor infinito.

A mis padres, por su constante apoyo y su persistencia en que cada día sea mejor, por su entrega desmedida con el objetivo que sea una persona profesional y por brindarme todas las facilidades para que yo solo me dedique a estudiar.

A familiares y amigos, por ser ese apoyo y motivación extra que uno necesita para lograr sus objetivos y por su soporte sin esperar nada a cambio.

A mis profesores, por transmitirnos sus conocimientos, experiencias y enseñanzas a lo largo de mi formación profesional, especialmente al Ing. Jorge Garcia por ser mi ejemplo profesional para seguir y al Ing. Miguel Alcalá Adrianzén por brindarme su apoyo y asesoría constante durante este proceso de elaboración de tesis.

TABLA DE CONTENIDOS

JURADO EVALUADOR	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTO	4
TABLA DE CONTENIDOS	5
INDICE DE TABLAS	7
INDICE DE FIGURAS	9
RESUMEN	10
I. INTRODUCCIÓN	11
Realidad problemática	11
Definiciones conceptuales y operacionales.....	14
Marco teórico	14
Antecedentes.....	25
Formulación del problema.....	29
Objetivo general.....	29
Objetivos específicos.....	29
Hipótesis.....	30
Justificación	30
Justificación teórica	30
Justificación práctica	30
Justificación valorativa	30
Justificación académica.....	31
Operacionalización de las variables	31
II. METODOLOGÍA.....	33
Tipo de investigación	33
Orientación.....	33
Profundidad	33
Diseño.....	33
Población y muestra	34
Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos.....	34
Instrumentos y métodos para procesar datos.....	35
Método	36
Aspectos éticos.....	36
Procedimiento	37
Diagnóstico de la realidad actual de la empresa	38
Descripción de la empresa.....	38

Determinar la productividad actual y las causas raíz de las pérdidas monetarias	43
Descripción de la situación actual de la empresa	43
Costeo de causas raíz	46
Priorización de causas raíz	51
Análisis de la oferta y demanda lechera de la zona de influencia del hato	55
Matriz de variables Operacionales	58
Descripción de la propuesta de mejora	58
Demanda alimenticia del hato	58
Oferta productiva de forraje	61
Balance alimenticio	63
Costos de producción y compra de forraje	66
Minimización de costos de producción forrajera mediante programación lineal	66
Programación de la capacidad productiva forrajera	72
Planificación de producción y materiales con MRP	74
Evaluación económica y financiera	80
III. RESULTADOS	86
IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	90
1. Discusión	90
2. Conclusiones	93
3. Recomendaciones y limitaciones	94
REFERENCIAS	96

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Distribución unidades productivas y vacas según el tamaño de los hatos, 2012.....	12
Tabla 2 Operacionalización de variables	32
Tabla 3 Diseño transversal.....	34
Tabla 4 Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos.....	35
Tabla 5 Instrumentos y métodos para procesar datos	36
Tabla 6 Instrumentos de procesamiento de la información	36
Tabla 7 Etapas de la tesis	37
Tabla 8 Inventario y producción promedio por tipo de vaca	46
Tabla 9 Volumen de litros perdidos por deficiencia genética.....	47
Tabla 10 Determinación de la utilidad perdida de la primera causa raíz.....	47
Tabla 11 Determinación de la utilidad perdida de la segunda causa raíz	48
Tabla 12 Capacidad productiva actual	49
Tabla 13 Costo total de compra forraje actual	50
Tabla 14 Costo de producir la demanda insatisfecha de forraje	50
Tabla 15 Costo en material y mano de obra para inseminación	51
Tabla 16 Días perdidos por inseminación deficiente y volumen de leche perdida.....	51
Tabla 17 Matriz de priorización de causas raíz	52
Tabla 18 Matriz de indicadores de causa raíz.....	54
Tabla 19 Demanda histórica lechera en la zona de influencia del hato ganadero	55
Tabla 20 Demanda futura proyecta.....	55
Tabla 21 Oferta lechera histórica.....	56
Tabla 22 Oferta de leche proyectada	56
Tabla 23 Determinación de demanda insatisfecha local.....	57
Tabla 24 Atención a demanda insatisfecha con producción actual	57
Tabla 25 Atención a la demanda insatisfecha con propuesta de mejora.....	58
Tabla 26 Crecimiento población ganadero proyectado	59
Tabla 27 Peso promedio por tipo de animal	59
Tabla 28 Requerimiento alimenticio proyectado en Kg	60
Tabla 29 Demanda alimenticia del hato ganadero mensual 2023.....	61
Tabla 30 Datos técnicos de producción de raigrás más trébol.....	62
Tabla 31 Datos técnicos de producción anual de alfalfa.....	62
Tabla 32 Datos técnicos de producción anual de maíz forrajero	62
Tabla 33 Capacidad productiva en la empresa ganadera	63
Tabla 34 Capacidad forrajera actual proyectada a 5 años.....	63
Tabla 35 Demanda proyectada del hato	64
Tabla 36 Balance alimenticio proyectado.....	64
Tabla 37 Balance alimenticio con aumento de capacidad productiva	65
Tabla 38 Costos de producción de forraje	66
Tabla 39 Cantidades óptimas para producir mediante programación lineal.....	71
Tabla 40 Costos por Kg de producción para la programación lineal.....	71
Tabla 41 Determinación de hectáreas forrajeras a producir	72
Tabla 42 Programa de producción anual forraje.....	74
Tabla 43 Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para raigrás más trébol.....	75

Tabla 44 Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para alfalfa	76
Tabla 45 Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para maíz	76
Tabla 46 Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para maíz alquiler	77
Tabla 47 Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para compra de pacas alfalfa	77
Tabla 48 Necesidad de insumos – Semilla raigrás.....	78
Tabla 49 cálculos y obtención de lanzamientos.....	78
Tabla 50 Programa de compras de insumos	79
Tabla 51 Costos de producción de forraje	80
Tabla 52 Costos de producción asociados a sanidad animal	81
Tabla 53 Gastos administrativos y de ventas	81
Tabla 54 Amortización del financiamiento a 5 años	82
Tabla 55 Depreciación de maquinaria y equipo	82
Tabla 56 Cálculo de ingresos proyectados.....	82
Tabla 57 Estado de resultados.....	83
Tabla 58 Flujo de caja económico y financiero	84
Tabla 59 Cálculo de la TMAR mixta.....	84
Tabla 60 Indicadores financieros	85
Tabla 61 Análisis del incremento productivo vs actual	87
Tabla 62 Rentabilidad económica de la propuesta de mejora.....	88
Tabla 63 Ahorro en CP con programación lineal	89

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Produccion y rendimiento de la leche en determinadas países y regiones	11
Figura 2 Niveles de la gestión de producción	18
Figura 3 Esquema de las funciones que intervienen en la gestión de la producción. El sentido de las flechas indica la relación entre cada sección.....	19
Figura 4 Esquema general de un sistema MRP I, en el que intervienen los tres ficheros básicos: MPS, BOM y Stocks.	24
Figura 5 Procedimiento de realización de tesis	38
Figura 6 Organigrama de la empresa	40
Figura 7 Cadena de valor de la empresa.....	41
Figura 8 Mapa general de procesos	42
Figura 9 Layout actual de la empresa.....	42
Figura 10 Matriz de análisis de partes interesadas	43
Figura 11 Análisis FODA – Empresa ganadera.....	43
Figura 12 Diagrama de Ishikawa operativo – Empresa ganadera.....	45
Figura 13 Gráfico de cajas y bigotes de la producción lechera del ható	47
Figura 14: Gráfico de barras y bigotes de la segunda causa raíz	48
Figura 15 Diagrama de Pareto de las causas raíz	53
Figura 16 Balance alimenticio proyectado	64
Figura 17 Balance alimenticio con aumento de capacidad productiva.....	65
Figura 18: Diagrama de Gantt de producción forrajera 2023	73
Figura 19 Evolución de la producción en litros después de propuesta de mejora	87
Figura 20 Atención a la demanda insatisfecha	88
Figura 21 Ahorro en CP con programación lineal.....	89

RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo determinar el impacto de la propuesta de mejora sobre la productividad de la empresa ganadera interviniendo directamente en el área de planificación de la producción de forraje de la empresa. Para ello se realizó un diagnóstico inicial con guías de observación para identificar algunas causas influyentes en la baja productividad y mediante una encuesta, priorización de causas y diagrama de Pareto se determinó las causas más influyentes en el problema del hato donde se encontró gran relevancia de aumentar el rendimiento productivo de la vaca en base a una buena alimentación, es así que después de la mejora se debe mantener una producción promedio de 20 litros/(vaca*día). Entonces, la propuesta de mejora abarcó una reorganización de la planificación productiva de forraje con el objetivo de cubrir la demanda alimenticia del hato, es así como para ayudar a este propósito se hizo uso de herramientas de ingeniería como programación lineal, diagrama de Gantt y planificación de requerimientos de material (MRP) con ello se logra un ahorro anual de S/. 30,866 de los costos de producción forrajera, se aumenta la producción lechera y se logra incrementar la atención a la demanda insatisfecha de 11.39% a 16.61% en el primer año de ejecución de la propuesta con un incremento monetario de S/. 82,368.00 soles anuales. Por último, se determinó la viabilidad económica financiera mediante indicadores VAN, TIR, B/C y PIR donde se obtuvo S/. S/ 341,011.99, 156%, S/ 1.21 y 1.02 años de recuperación de inversión, respectivamente con un financiamiento bancario de S/. 105,000.00, lo cual indica que la propuesta de mejora es viable, factible y rentable.

PALABRAS CLAVE: Planificación forrajera, programación lineal, MRP, diagrama de Gantt, hato ganadero, producción lechera.

I. INTRODUCCIÓN

Realidad problemática

Alrededor de 150 millones de hogares en todo el mundo se dedican a la producción de leche. En la mayoría de los países en desarrollo, la leche produce ganancias relativamente rápidas para los pequeños productores y es una fuente importante de ingresos en efectivo. En muchos países en desarrollo, la mala calidad de los recursos forrajeros, las enfermedades, el acceso limitado a mercados y servicios (p. ej., sanidad animal, crédito y capacitación) y el reducido potencial genético de los animales lecheros para la producción láctea limitan la productividad lechera. (FAO, 2022). En este sentido, la OECD/FAO, (2020) estima que la producción mundial de leche (81% de vaca, 15% de búfala y un total de 4% de leche de cabra, oveja y camella combinadas) creció 1.3% en 2019 y ascendió a cerca de 852 millones de toneladas (Mt). Por consiguiente, Se prevé que, durante el próximo decenio, la producción mundial de leche crecerá 1.6% al año (llegando a 997 Mt para 2029), para reforzar las estadísticas se muestra la figura 1 la producción y rendimiento de la leche en determinadas regiones y países del mundo. Esta proyección se ve soportado por un histórico de crecimiento que nota los tres últimos decenios donde la producción lechera mundial ha aumentado en más del 59%, pasando de 530 millones de toneladas en 1988 a 843 millones de toneladas en 2018. (FAO, 2022)

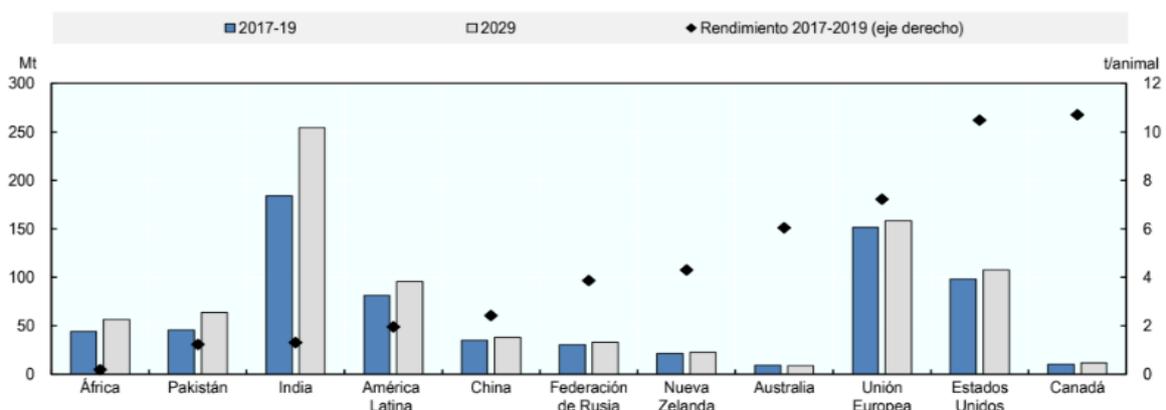


Figura 1 Producción y rendimiento de la leche en determinadas países y regiones

Fuente: OCDE/FAO (2020), “OCDE-FAO Perspectivas agrícolas” <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>

En el Perú, la industria láctea (grande y artesanal) adquiere la leche fresca cruda mayoritariamente de pequeños ganaderos a nivel nacional. Se estima que en el país existirían entre 113 y 120 mil productores de leche, de los cuales el 90% serían pequeños ganaderos. (Nestlé, 2017) En esa línea, según el IV CENAGRO 2012, el 85,89% de las unidades agropecuarias de ganado vacuno corresponden a pequeños productores que poseen de forma conjunta el 50,60% de las vacas orientadas al ordeño como lo detalla la tabla 2, caracterizándose por el manejo de hatos de menos de 10 cabezas de ganado, situación que no permite alcanzar economías de escala en la producción de leche fresca cruda, sumado a la dispersión geográfica de los ganaderos que dificulta el acopio de la leche. (Midagri, 2017) Sin embargo, a nivel del acopio de leche fresca cruda, se observa una particularidad, ya que, según la gran industria láctea, existe un déficit en el abastecimiento de leche fresca cruda estimado en 30% de los requerimientos de leche. (Gestión, 2017)

Tabla 1

Distribución de las unidades productivas y vacas según el tamaño de los hatos, 2012

Estratificación del productor	Rango del tamaño del hato (cabezas)	Unidades agropecuarias	Part. %	Vacas en ordeño	Part. %
Pequeño	1 - 9	757 490	85,89%	434 945	50,60%
Mediano	10 - 49	118 359	13,42%	325 411	37,85%
Grande	50 a más	6 071	0,69%	99 274	11,55%
Total Nacional		881 920	100%	859 630	100%

Fuente: INEI – IV CENAGRO 2012, Midagri (2017)

Elaboración: Dirección Nacional de Investigación y Promoción de la Libre Competencia del Indecopi.

Hoy en día hay cobra gran relevancia la planificación de operaciones en distintas empresas ya que con ello se anticipan a los movimientos del mercado conservando siempre el margen de utilidad para una buena operatividad de la organización. Según lo que comenta Paredes, (2001) la planificación y control de la producción es una de las actividades más

delicadas que se tiene que cumplir en la empresa pues es la que prevé lo que ha de producirse para atender las necesidades del mercado y, en base a ello, dimensionar los recursos que habrá que conseguir para viabilizar el plan.

La planificación ayuda a la organización a destinar los recursos necesarios con el menor costo posible con el fin de aumentar el margen de ganancia. Además, ayuda a no quedar desabastecido de recursos como alimentos, insumos, repuestos, etc. necesarios para la continuidad de la operación. En la empresa ganadera actualmente no se cuenta con un plan de producción de forraje adecuado para asegurar el abastecimiento del hato durante un año de operación, es así como queda desabastecido y no se cumple con el requerimiento de alimentación destinado a la ganadería influyendo directamente en la producción de esta. Es así como, la cantidad de leche producida por un determinado animal es el resultado de una serie de acciones combinadas (factores genéticos, historia nutricional, estado de lactación y prácticas de manejo), donde las variaciones en la producción de leche corresponden en 10% a razones genéticas, 30-40% a prácticas de manejo y 50-60% a la nutrición y tipo de dieta (Moe & Tyrrell, 1975). De lo anterior se aprecia la importancia que tiene la determinación de los objetivos al realizar el programa de alimentación, debiendo considerar entre los objetivos a lograr; (a) cumplir los requisitos de la vaca, (b) asegurarse que los alimentos suministrados lleguen al rumen de la vaca, (c) optimizar los costos por concepto de alimentación y (d) optimizar la mano de obra y equipo empleado tal como lo establece Escobosa, (2011). Es así que, en la empresa ganadera en la actualidad no se encuentra en las condiciones de cumplir las variaciones en referencia a la nutrición y tipo de dieta debido a que no tienen una planificación anual de alimentación y la obtención de esta; debido a ello, solo se mantiene una producción lechera promedio de solo 14 litros/(día*vaca) comparado con una producción óptima de mayor a 20 litros/día/vaca. Esta diferencia se ve reflejada en los márgenes de rentabilidad de la empresa e ingresos para los accionistas.

Definiciones conceptuales y operacionales

- **Planificación:** La planificación es un proceso que se realiza de manera individual, grupal, empresarial e institucionalmente, durante un tiempo denominado horizonte de planificación y en un espacio, con unos métodos, instrumentos y recursos determinados. (Saavedra, Castro, Restrepo, & Rojas, 2001)
- **Productividad:** La productividad implica la mejora del proceso productivo. La mejora significa una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes o servicios producidos. Por ende, la productividad es un índice que relaciona lo producido por un sistema y los recursos utilizados para generarlo. Es decir: (Carro & Gonzáles, 2012)

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

- **Programación Lineal:** la programación lineal es un método matemático de resolución de problemas donde el objetivo es optimizar (maximizar o minimizar) un resultado a partir de seleccionar los valores de un conjunto de variables de decisión, respetando restricciones correspondientes a disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas, u otras condicionantes que limiten la libertad de elección. (Alvarado, 2008)

Marco teórico

Programación lineal

La programación lineal es una herramienta para resolver problemas de optimización. En 1947, George Dantzig desarrollo un método efectivo, el algoritmo simplex, para resolver problemas de programación lineal (también conocido como PL). desde que surgió dicho algoritmo, la PL se utiliza para resolver problemas de optimización en Industrias diversas como los bancos, la educación, silvicultura, petróleo y Transporte de carga. En un estudio de las 500

empresas de Fortune, 85% de las personas que contestaron la encuesta dijo que había usado programación lineal. (Winston, 2004)

La programación lineal se aplica a modelos de optimización en los que las funciones objetivo y restricción son estrictamente lineales. La técnica se aplica en una amplia variedad de casos, en los campos de agricultura, industria, transporte, economía, salud, ciencias sociales y de la conducta, y militar. También produce algoritmos eficientes de cómputo para problemas con miles de restricciones y variables. En realidad, debido a su tremenda eficiencia de cálculo, la programación lineal forma la columna vertebral de los algoritmos de solución para otros modelos de investigación de operaciones, como las programaciones entera, estocástica y no lineal. (Taha, 2004)

En términos generales, se puede decir que cualquier fenómeno en que interviene un número determinado de variables no negativas (es decir, variables cuyo valor es positivo o cero), que se pueden ligar entre sí mediante relaciones de desigualdad o igualdad y que reflejen las limitaciones o restricciones que el fenómeno presenta con miras a optimizar un objetivo, puede ser formulado como un modelo de programación matemática. Si tanto las restricciones como la función objetivo se pueden enunciar mediante expresiones lineales, estamos frente a un campo particular de la programación matemática denominada “programación lineal.

En un sentido de especial interés tenemos que mediante la programación lineal podemos representar un sistema de producción mediante un modelo o matriz en el que se incluyen:

- Costos e ingresos generados por unidad de actividad (función objetivo).
- Aportes y requerimientos de insumos y productos por unidad de cada actividad considerada (coeficientes insumo/producto).
- Disponibilidad de recursos, especificaciones técnicas y empresariales a respetar (valores del lado derecho de las restricciones).

El modelo general de un problema de programación lineal consta de dos partes muy importantes: la función objetivo y las restricciones. (Alvarado, 2008)

La función objetivo

La expresión matemática del objetivo se llama función objetivo y la meta debe ser maximizar o minimizar esa expresión. La función objetivo lineal se puede representar de las siguientes maneras:

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 + \dots + C_nX_n$$

O utilizando la notación de sumatorias

$$Z = \sum_{j=1}^n C_jX_j$$

Donde:

Z = Función objetivo lineal.

C_j = Precio neto o costo unitario, según sea el modelo

X_j = Actividad o proceso.

El objetivo puede ser la maximización de algunas variables de ingreso que pueden variar desde los ingresos netos o brutos, dependiendo según se estructure el modelo. La programación lineal puede también aplicarse a los problemas de minimización de costos y estos programas parten de un diferente conjunto de criterios para su optimización.

Los coeficientes C₁, C₂ hasta C_n son los coeficientes de costo (conocidos) o de ingresos, según el tipo de problema que estemos resolviendo. Por otra parte, X₁, X₂ ... X_n son las variables de decisión (variables, o niveles de actividad) que deben determinarse de tal manera que se alcance el objetivo dentro de las restricciones que enfrenta el problema. (Alvarado, 2008)

Conjunto de restricciones o desigualdades lineales

Las restricciones, expresadas mediante desigualdades lineales, están compuestas por los coeficientes técnicos (A_{ij}), las actividades o procesos (X_n), las cuales también se tomaron en cuenta en la función objetivo y además los niveles o limitaciones (B_i). El conjunto de restricciones se expresa de la siguiente manera: (Alvarado, 2008)

$$\begin{aligned}A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + \dots + A_{1n}X_n &=, \geq, \leq B_1 \\A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + \dots + A_{2m}X_n &=, \geq, \leq B_2 \\ \\A_{m1}X_1 + A_{m2}X_2 + \dots + A_{mn}X_n &=, \geq, \leq B_m\end{aligned}$$

La expresión la cual expresa el requerimiento de las variables X_j , sean no negativas, se denomina condición de no negatividad. Si en algún caso alguna variable en la diferencia de las variables no negativas y así cada una de ellas respetaría la condición de no negatividad. (Céspedes, 2005)

$$X_1 + X_2 + \dots + X_n \geq 0$$

Gestión de la producción

En toda empresa productiva se tiene que llevar a cabo una correcta gestión de la producción con el objetivo de incrementar la rentabilidad y reducir costos; en este sentido, toda gestión de la producción puede estructurarse jerárquicamente en tres niveles de acuerdo en cómo se describe en la siguiente figura. Estos niveles, que corresponden a una toma de decisiones a lo largo, medio y corto plazo (Companys & Fonollosa, 1989), corresponden las siguientes funciones:

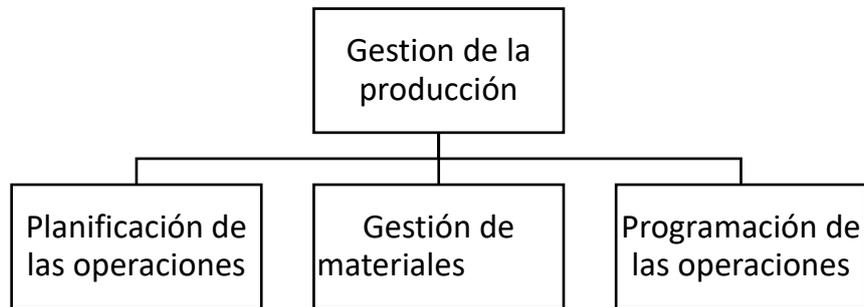


Figura 2 Niveles de la gestión de producción

Fuente: Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT (1989)

Además, y como función complementaria pero necesaria para cerrar el ciclo de gestión, existe en todo sistema la función: seguimiento y control.

Es importante diagramar las funciones que intervienen en la producción donde a partir de las previsiones de la demanda se establece un plan maestro de producción donde se establece variedad, cantidades y plazos de los productos que la empresa desea fabricar. Este plan se traduce en necesidades de componentes y recursos que se reflejan en ordenes de aprovisionamiento y fabricación. El Seguimiento del sistema productivo llevara a detectar discrepancias significativas que desencadenan acciones correctivas; así como, alimenta la base de datos de los sistemas de planificación y programación para su utilización en el ciclo siguiente de actualización (Figura 2). (Companys et al. 1989)

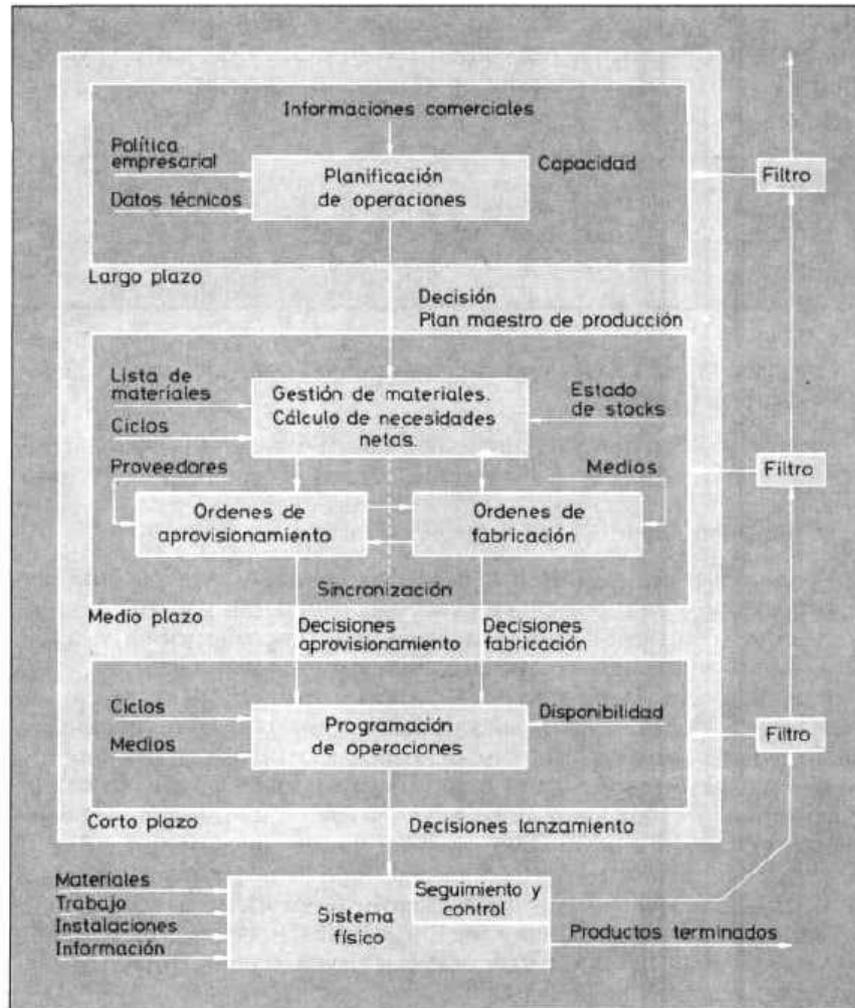


Figura 3 Esquema de las funciones que intervienen en la gestión de la producción. El sentido de las flechas indica la relación entre cada sección.

Fuente: *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT (1989)*

Planificación de operaciones:

La planificación de operaciones tiene por objeto establecer la distribución de los recursos productivos entre las diferentes actividades de producción. Su resultado se materializa habitualmente en un plan maestro o director de producción factible. La planificación se alimenta de informaciones comerciales esencialmente compuestas de previsiones de la demanda y de la cartera de pedidos existente. Típicamente el horizonte es de un año, dividido en doce intervalos mensuales. La frecuencia de actualización de la planificación suele ser mensual.

Gestión de materiales:

La gestión de materiales es el dominio propio de sistema MRP I. Es así que, cuando se ha establecido lo que se va a producir se establecen actividades de aprovisionamiento y producción. Para ello debe realizarse el cálculo de necesidades brutas y netas; para esto, se someten a las reglas de producción transformándose en órdenes de aprovisionamiento y producción.

Programación de operaciones:

La programación consiste en establecer detalladamente dónde y cuándo va a realizarse cada orden. La programación de operaciones se clasifica de acuerdo a lo siguiente:

- **Programación de los aprovisionamientos:** A partir de las órdenes generadas por la gestión de materiales relativas a los artículos de procedencia exterior, se eligen los proveedores, normalmente de acuerdo con los compromisos ya establecidos con los mismos, y se les transmite el programa de aprovisionamiento con las cantidades y fechas de cumplimiento.
- **programación de la producción:** La programación detallada de las operaciones internas del sistema productivo constituye una descomposición más fina de la actividad productiva.

La planificación de operaciones, como consecuencia de operar con un horizonte extenso, se desarrolla a nivel agregado y considera habitualmente tasas de producción medias.

Seguimiento y control:

Las actividades generadas en el sistema productivo suelen producir desviaciones que convendrá conocer, y en su caso, corregir. Para ello se tiene la función seguimiento y control; es así que, se colecta datos y se clasifica según su nivel de importancia en el proceso, así como se evalúa la ejecución respecto a lo programado detectando desviaciones significativas que

pueden perjudicar al desarrollo del proyecto; para que finalmente, tomar acciones correctivas a corto, mediano o largo plazo. (Companys et al. 1989)

Planificación de los requerimientos de material (MRP) Es una metodología que requiere conocer la demanda independiente de los productos finales de la empresa para calcular de forma rápida y precisa la demanda dependiente generada por el requerimiento de los productos. MRP también nos proporciona un programa para producir o pedir la materia prima. En este sentido, el sistema MRP requiere de información, tanto del proceso productivo como de la demanda de los productos, por lo que se utiliza un software especializado para el procesamiento de la información. La fiabilidad del sistema MRP dependerá exclusivamente de la fiabilidad de los datos proporcionados. (Rivera, Ortega, & Pereyra, 2014)

Entre las fuentes del cual se nutre el sistema de MRP son las siguientes:

- **MPS (Master Production Schedule. Plan Maestro detallado de producción):** El MPS se construye a partir de los pedidos de los clientes o de pronósticos de la demanda, identifica las cantidades de cada uno de los productos terminados, considerando un inventario inicial, y determina en qué periodos, dentro del horizonte de planeación, es necesario producir teniendo siempre en cuenta un stock de seguridad para hacer frente a cualquier eventualidad que se produzca. Es así como, una de las salidas del MPS es el requerimiento de la producción, que se calcula de la siguiente manera:

$$P = D + SS + II$$

Donde:

P: Requerimiento de la producción

D: Pronóstico de la demanda

SS: Stock de seguridad

II: Inventario Inicial

- **BOM (Bill of materials. Lista de materiales):** Que indica de qué partes o componentes está formada cada unidad, y permite por tanto calcular las cantidades de cada componente que son necesarias para fabricarlo. Dentro de la lista de materiales se incluyen tres tipos de elementos:

Elemento básico: No tienen ningún componente

Elemento intermedio: Forman parte de otro elemento y a su vez están formados por distintos componentes.

Elemento final: Producto terminando que se vende al cliente.

- **Registro de inventario:** Permite conocer las cantidades disponibles de cada artículo (en los diferentes intervalos de tiempo) y, por diferencia, las cantidades que deben comprarse o provisionarse. Toda esta información aparece en un registro que está constituido por los siguientes elementos:

Necesidades brutas (NB): incluye tanto a la demanda total derivada de otros planes de producción como a la demanda externa directa.

Recepciones programadas (RP): se refiere a los pedidos que fueron emitidos por la empresa pero que aún están pendientes de recibirse.

Inventario inicial (II): es la cantidad de materiales disponibles en el almacén.

El saldo del inventario al final de una unidad de tiempo se determina de la siguiente manera:

$$IF = II - NB + RP$$

Cantidades comprometidas (CC): son los artículos que se encuentran reservados para satisfacer un pedido ya recibido cuya fecha de entrega aún no ha llegado.

A partir de la información procedente del plan maestro de producción, se determinan las Necesidades Netas (NN) de cada uno de los materiales en cada período de tiempo. Así, estas necesidades netas se calculan:

$$NN = Nb - II + RP - CC - SS$$

Siendo SS el stock de seguridad.

Si este cálculo es positivo, se indica que hay Necesidades Netas, por lo que se emite una orden de pedido/fabricación, en el período de tiempo que permita que el material esté disponible en el momento en el que se requiera para comenzar la fabricación del producto teniendo en cuenta el tamaño de lote y lead time.

Esquema general de un sistema MRP:

En esta figura se muestran los tres ficheros básicos de un sistema MRP (MPS, BOM y stocks), con indicación de las informaciones que en cada uno de ellos se recibe, almacena y transmite.

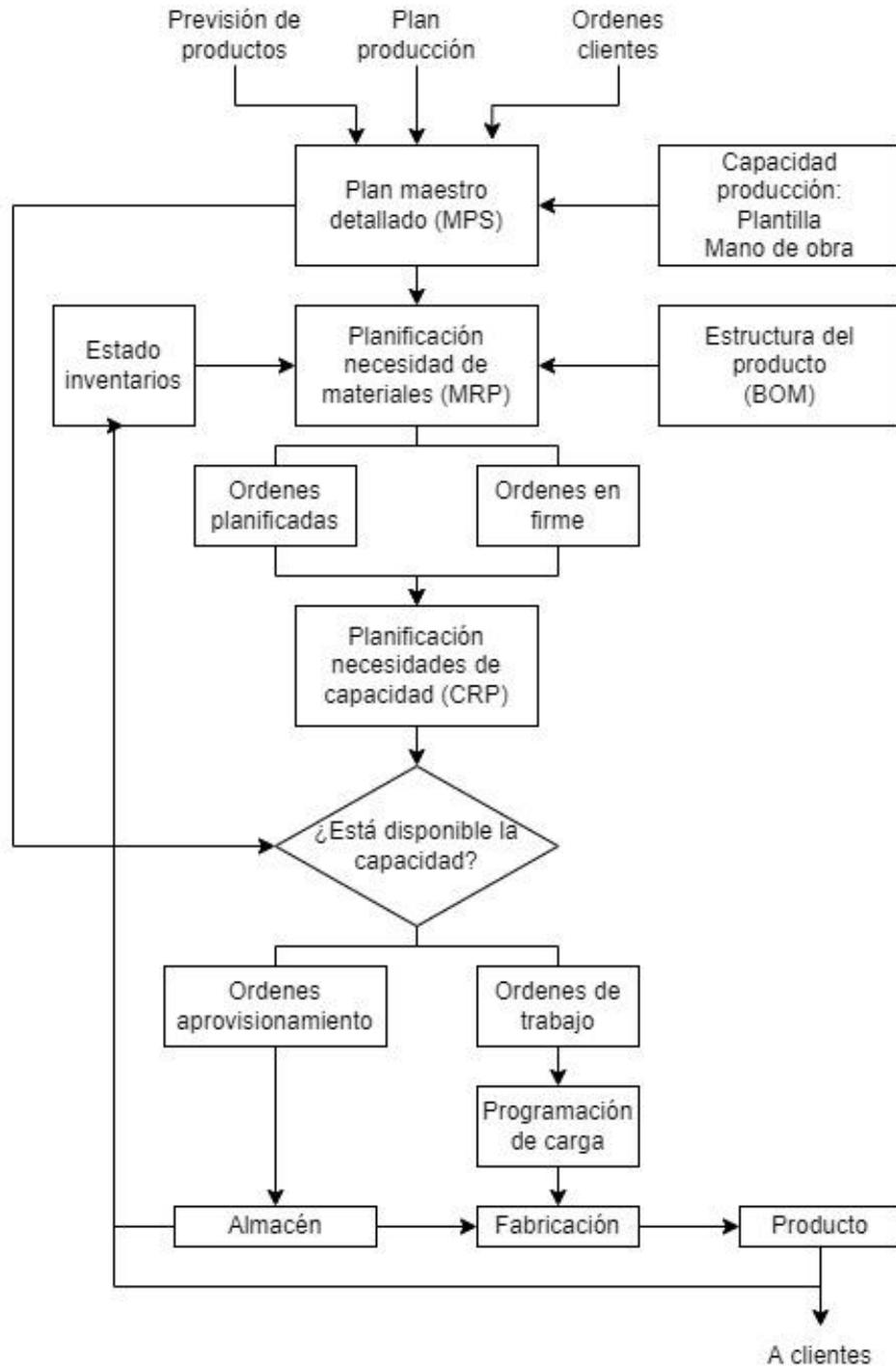


Figura 4 Esquema general de un sistema MRP I, en el que intervienen los tres ficheros básicos: MPS, BOM y Stocks.

Fuente: *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT (1989)*

Antecedentes

Entre muchos proyectos de investigación, tomados de fuentes confiables que tienen una notoria relación al proyecto, tendrán mucha relevancia para la investigación, entre ellos tenemos en el ámbito internacional ha Corredor (2021) quien en su proyecto de investigación titulado “*Diseño de una Propuesta de Mejoramiento de la Planeación Agregada de una Empresa del Sector Lácteo mediante un modelo de programación lineal*”, realizada en Colombia; se menciona que la finalidad de investigación es proponer una solución a la sobreproducción que tiene la empresa del sector lácteo, esto a través del diseño de la planeación agregada de producción mediante modelos matemáticos de programación lineal, debido a que ayuda a plantear una herramienta alternativa como ventaja competitiva. Asimismo, se concluyó que con el diseño de la propuesta de mejora se logra optimizar un plan agregado para el horizonte de 6 meses con estrategia mixta como un problema de programación lineal y reduce el costo del plan a \$21,457.103 optimizando los recursos de mano de obra, capacidad instalada y niveles de inventarios muy bajo a estándares adecuados de costos e incrementando la rentabilidad ahorrada en el costo de oportunidad de la sobreproducción.

También, se tiene la investigación de Salazar (2017) en su estudio “*Modelo de planificación de la producción para el proceso de montaje en industrias de manufacturas de calzado de cuero*” busca diseñar un modelo de planificación adaptable a cualquier empresa dedicada a la elaboración de calzado. El estudio inicia con la identificación de las condiciones generales de los procesos del área en estudio y la baja productividad generada por el incorrecto uso de los recursos tangibles e intangibles, para lo cual se hace uso de la aplicación de la planificación agregada, plan maestro de producción, cálculo de la capacidad real de producción en base a la combinación de modelos y la definición de los tiempos de entrega en cada línea de fabricación. Mediante el desarrollo de la investigación se concluye que el modelo de planificación de la producción en montaje refleja un continuo crecimiento de la eficiencia y

productividad teniendo un incremento en la productividad laboral del 25% y un incremento de 21% y 11% mensual en la línea convencional y de inyección respectivamente.

El aporte de los antecedentes del ámbito internacional ayuda a la presente investigación como modelo de inspiración híbrida entre la programación lineal y MRP sacando lo mejor de ambas herramientas en favor de una solución óptima al problema de la investigación. Por otro lado, en el entorno nacional se tomó como aporte a la investigación de Araujo & Chávez (2017) titulada ***“Diseño y propuesta de implementación de una línea de producción de pancamel y bloques nutricionales para incrementar la producción de leche y carne del ganado criollo en el departamento de Cajamarca – distrito de La Encañada”*** donde analiza la problemática local y se da cuenta que el ganado no se ha desarrollado completamente debido a la escasez de pastos y forrajes que existen para ellos en el medio en el que habitan, lo cual genera que la producción tanto de carne como de leche sea muy baja llegando a indicadores muy pobres, ante esta medida el proyecto busca desarrollar una línea de producción de alimentos balanceados industrializados ante la problemática expuesta. De tal modo se planeó diseñar y proponer la implementación de una línea de producción de Pancamel y bloques nutricionales para poder incrementar la producción de leche y carne del ganado criollo teniendo como resultado el aumento de la producción de 5 a 9 litros por ordeño/vaca y un aumento de peso de 270 Kg a 418 Kg, además de una mejor tasa de fertilidad y un animal con mejor resistencia contra las bajas temperaturas; así como, indicadores financieros favorables con valor actual neto de S/. 33,798.50, TIR de 21.27% y un índice de rentabilidad de S/. 11.77.

Además, en el entorno nacional tenemos el aporte de Campos & Rolan (2017) con la investigación titulada ***“Impacto de la Programación Lineal con el uso de solver en la optimización de las operaciones de carguío-acarreo de mineral en la mina lagunas norte, la libertad, 2017”*** cuyo objetivo está orientada en ayudar a la empresa a rediseñar sus procesos de negocio con el objetivo de reducir costos y mejorar la eficiencia obteniendo así el mayor

beneficio posible usando las herramientas de mejora adecuada, cuyo uso es fundamental para lograr resultados efectivos. Un proceso defectuoso genera sobrecostos y si es un proceso “Core” resta competitividad y eventualmente afecta la rentabilidad. La hoja de cálculo EXCEL® (Microsoft Corporation) a través del complemento SOLVER permite resolver problemas de optimización de procesos basados en el modelo matemático de programación lineal llamado SIMPLEX y es utilizado como herramienta para resolver los problemas de optimización del ciclo de carguío-acarreo en la Mina Lagunas Norte. Los objetivos de la tesis consisten en la aplicación de técnicas de programación lineal mediante SOLVER con el fin de asegurar un óptimo desempeño del ciclo de carguío-acarreo del mineral lo cual significa un flujo más dinámico y productivo de mineral hacia los sistemas de chancado. En este sentido, hipótesis de optimizar el proceso del carguío-acarreo de mineral en la Mina Lagunas Norte aplicando el software SOLVER® se ha confirmado por los resultados obtenidos y las conclusiones más importantes son: Se lograron obtener significativas mejoras y ahorros operativos del orden de \$18,533.00 en los procesos de carguío-acarreo de mineral de la mina Lagunas Norte, lo cual constituye 12,35 % del costo del proceso. Se verificó el uso de SOLVER como una herramienta tecnológica y útil a la hora de modelar y optimizar procesos mineros. SOLVER forma parte de una serie de comandos a veces denominados herramientas de análisis que puede encontrar un valor óptimo (mínimo o máximo) para una fórmula en una celda, denominada la celda objetivo, sujeta a restricciones o limitaciones en los valores de otras celdas de fórmula en una hoja de cálculo. La presente investigación es de gran utilidad como modelo de inspiración al momento de usar la programación lineal aplicada al negocio en investigación y entender el uso de la herramienta Solver para la solución de casos del mismo tipo.

En el ámbito local se tiene como aporte a la investigación de Castillo (2020) titulada ***“Propuesta de mejora mediante el plan de requerimiento de materiales (mrp) para reducir los costos operacionales en una empresa de calzado”*** El presente trabajo de investigación

tiene como objetivo determinar en qué medida la implementación de la herramienta plan de Requerimiento de Materiales (MRP) puede reducir los altos costos operativos en la línea de producción de calzado, modelo 118 (botines) para dama. Con esta herramienta de mejora (MRP) se busca la planificación de los requerimientos de materiales, promoviendo la mejora continua dentro de la empresa. En primer lugar, se realizó un diagnóstico basado en información de la empresa y el uso de herramientas para procesarlo, lo que brindó una valorización económica de las pérdidas generadas por la mala gestión operativa de la empresa; seguido se procedió al desarrollo de la propuesta e implementación de la metodología; concluyendo así con panorama positivo para la empresa. Como resultado de la implementación de la herramienta de mejora, se obtuvo un beneficio de S/. 26,215.47, permitiendo llegar a la conclusión que la propuesta da resultado positivo para la empresa. Finalmente, cabe mencionar que para la implementación de la propuesta se tuvo en cuenta estándares como la NTP 241.035:2006, la cual establece el método a seguir en la designación de las medidas (tallas) del calzado. En síntesis, la investigación realizada por Castillo dio como aporte adicional el saber conocer el uso de la herramienta MRP y su aplicación práctica al negocio tomado como modelo para el presente estudio.

Por último, se ha hecho necesario el aporte de Chuquipoma (2021) en su investigación titulada ***“Diseño de mejora de los procesos de producción para incrementar la productividad en la empresa agroindustria Zingg E.I.R.L”*** lo cual presenta su investigación que tiene como objetivo general, diseñar la mejora de procesos producción para incrementar la productividad en el área de producción en la empresa Agroindustrias Zingg. Se realizó un diagnóstico situacional actual de la empresa, donde se observó que personal no es capacitado y hay deficiencias en la producción lo cual afecta su productividad, mediante la aplicación de herramientas de ingeniería tales como: Diagrama Ishikawa, Diagrama de operaciones, Estudios de tiempo, Métodos de trabajo, Metodología 5s, Check list, niveles de productividad de mano

de obra y Distribución de planta, Además fórmulas de ingeniería de métodos; la información fue proporcionada directamente por el encargado de planta. Por último rediseñar la distribución de la planta y adquisición de nueva maquinaria. En conclusión, se determinó que la empresa aplicando estos métodos en la mejora planteada, arrojó resultados como: la eficiencia física del proceso se llegó a aprovechar a un 99%, así como también, la producción aumentó 148 unidades de yogurt al mes, por otro lado, las capacitaciones aumentaron al 100%, otro indicador que también se mejoró es el tiempo estándar el cual se redujo a 268.89 min/litros. Por ende, se concluye que la empresa agroindustria Zingg con la mejora de la investigación incrementará su productividad y eficiencia. La evaluación económica financiera determinó que el proyecto es factible, obteniendo de tal manera un VAN de S/15,629.91 un TIR de 45% y un IR de S/. 1.84 soles de retorno

Formulación del problema

¿Como influye la propuesta de mejora en la planificación de forraje mediante programación lineal en la productividad en una empresa ganadera, Cajamarca 2022?

Objetivo general

Determinar cómo influye la propuesta de mejora en la planificación de forraje mediante programación lineal en la productividad de una empresa ganadera, Cajamarca 2022.

Objetivos específicos

- Determinar la productividad del hato antes de la propuesta y las causas raíz de las pérdidas monetarias
- Desarrollar la propuesta de mejora en el área de planificación mediante programación lineal.
- Determinar la productividad después de la propuesta

- Evaluar la viabilidad económica financiera del impacto producido por la aplicación de la propuesta en la productividad de la empresa ganadera.

Hipótesis

La propuesta de mejora en la planificación de forraje mediante programación lineal aumenta productividad de la empresa ganadera.

Justificación

La presente investigación tiene una justificación objetiva bajo los siguientes apartados:

Justificación teórica

Esta investigación se realiza con el propósito de aportar conocimiento existente en materia de herramientas de ingeniería industrial y sus metodologías cuyos resultados podrán sistematizarse en una propuesta, para ser incorporado como aprendizaje en posteriores investigaciones. Además, de ampliar el conocimiento ya elaborado por Corredor (2021) donde se plantea el mejoramiento de planeación agregada mediante modelo de programación lineal,. De este modo, el aporte teórico de la presente investigación es realizar un modelo híbrido entre programación lineal y MRP que pueda ser usado como base teórica en posteriores investigaciones.

Justificación práctica

Esta investigación se realiza por existe la necesidad de mejorar el área de planificación de producción de forraje en hato ganaderos identificando la problemática y proponiendo alternativas de solución para la organización.

Justificación valorativa

La presente investigación busca determinar el impacto de la propuesta de mejora en el área de planificación de producción de forraje sobre la rentabilidad de la empresa del sector lácteo de la región.

Justificación académica

La presente investigación se basa en conocimiento adquirido en la etapa de formación académica universitaria de ingeniería industrial mediante propuestas de herramientas que aporten valor a la organización considerando la viabilidad de este.

Operacionalización de las variables

Tabla 2

Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN	ÁREA	INDICADOR	FÓRMULA
V1: Propuesta de mejora en la planificación de forraje.	La planificación es un proceso que se realiza de manera individual, grupal, empresarial e institucionalmente, durante un tiempo denominado horizonte de planificación y en un espacio, con unos métodos, instrumentos y recursos determinados. (Saavedra, Castro, Restrepo, & Rojas, 2001)	Producción de forraje	% Utilización de la capacidad	$\%UC = \frac{\text{Áreas sembradas}}{\text{Área total siembra}}$
			% Cumplimiento del cronograma de producción	$\%CP = \frac{\text{Act. Ejecutadas}}{\text{Act. Programadas}}$
			% Rendimiento forrajero	$\%RF = \frac{\text{Kg producidos}}{\text{Kg programados}}$
			% Cumplimiento alimentario	$\%CA = \frac{\text{Kg requeridos}}{\text{Kg producidos}}$
V2: Productividad de la empresa ganadera Cajamarca 2022.	La productividad implica una comparación favorable entre la cantidad de recursos utilizados y la cantidad de bienes o servicios producidos. (Carro & Gonzáles, 2012)	Producción de forraje	% Crecimiento poblacional	$\%CA = \frac{\text{Crecimiento real}}{\text{Crecimiento proyectado}}$
			Rendimiento promedio de producción lechera	$\%DS = \frac{\sum \text{Litros producidos}}{\sum \text{vacas en produccion}}$
			% Incremento productivo	$\%DS = \frac{\sum \text{Litros mejorados} - \sum \text{Litros actuales}}{\sum \text{Litros actuales}}$
			% Atención a la demanda lechera	$\%AD = \frac{\sum \text{Litros producidos}}{\text{Demanda potencial}}$

Fuente: Elaboración prop

II. METODOLOGÍA

Tipo de investigación

Orientación

Por su orientación la Investigación aplicada. En este sentido, para Murillo (2009), la investigación aplicada recibe el nombre de “investigación práctica o empírica”, que se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos adquiridos, a la vez que se adquieren otros, después de implementar y sistematizar la práctica basada en investigación.

La investigación también se considera como descriptiva, ya que según como lo explica Arias (2012), la investigación descriptiva consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Es por esta razón, se considera este tipo de investigación ya que describe y caracteriza la situación actual de la empresa respecto la gestión logística para la reducción de costos de inventario.

Profundidad

Por su profundidad es una investigación explicativa puesto que el objetivo de este estudio es investigar las causas que generan una mala planificación de la producción forrajera del hato ganadero; en este sentido, se usan herramientas de investigación como el diagrama de Ishikawa y Pareto.

Diseño

De acuerdo con la naturaleza del estudio que se ha planteado, reúne las condiciones metodológicas suficientes para ser considerada una investigación diagnóstica y propositiva, ya que, no se va a afectar deliberadamente a las variables, solo se analizarán los problemas encontrados y se planteará una solución para estos donde se describir.

Tabla 3

Diseño transversal

Grupo	Asignación	Pre-Prueba	Tratamiento	Post prueba
G		O1	X	O2

Donde:

G: Actividades del hato ganadero

O1: Productividad antes de la propuesta

O2: Productividad después de la propuesta

X: Estimulo: MRP con aplicación de programación lineal

Población y muestra

Unidad de estudio: El hato ganadero

Población: todas las actividades del hato ganadero

Muestra: La muestra fue censal y se incluyeron las actividades: planificación, siembra de forraje, cosecha, adquisición de materiales, ordeño, inseminación artificial, sanidad animal.

Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

En la tabla 3 se detallan las técnicas e instrumentos a utilizar en la investigación.

Observación de campo:

Objetivo: Identificar fallas críticas en el área de planificación de forraje; así como también, tener un panorama más amplio de las consecuencias que estas generan.

Procedimiento: Dar un seguimiento continuo mediante anotaciones periódicas e identificar los procedimientos y actividades del área en estudio.

Instrumentos: Block de notas digital, cuaderno de apuntes, cámara fotográfica.

Análisis documental:

Objetivo: investigar la problemática y recoger información en documentos físicos y virtuales, que mantenga el hato ganadero.

Procedimiento: Organizar la documentación mediante el uso correcto de cada instrumento que permita analizar la documentación histórica.

Instrumentos: Laptop, Software Microsoft Excel y memoria USB.

Tabla 4

Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

Técnica	Justificación	Instrumentos	Aplicación
Observación de campo	Permitió observar las áreas de trabajo, procesos, actividades, etc., que realiza cada colaborador.	<ul style="list-style-type: none"> • Block de notas digital • Cámara fotográfica • Cuaderno de apuntes 	Se aplico en el area de planificación de forraje y el hato en general.
Análisis documentario	Permitió la recolección de datos como el volumen ganadero del hato, producción, capacidad forrajera, etc., obteniendo una base de datos dispuesta para la investigación.	<ul style="list-style-type: none"> • Microsoft Excel • Laptop 	Se aplico a la base de datos de la empresa en estudio.
Entrevista	Permitió recolectar la opinión dada del gerente a las causas raíz problema que influyen en la baja productividad del hato ganadero.	<ul style="list-style-type: none"> • Guía de entrevista • Hoja, grabadora 	Se aplico a los trabajadores y zona gerencial de la empresa.

Entrevista:

Objetivo: Obtener información de la problemática que aqueja a la empresa más priorizar la causa raíz más importante que genera menor productividad en el hato.

Parámetros: Duración: 60 min

Lugar: Empresa ganadera

Procedimiento: realizar una serie de preguntas de nivel comparativo para priorizar la problemática más importante en el cual se centra la investigación.

Instrumentos: guía de entrevista, lapiceros y libreta de notas.

Instrumentos y métodos para procesar datos

Los instrumentos y métodos para procesar datos se detallan en la tabla 4.

Asimismo, se utilizó herramientas informáticas para el procesamiento de la información tal como lo muestra la tabla 5.

Tabla 5

Instrumentos y métodos para procesar datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Elaboración del Diagrama Ishikawa para la obtención de las causas raíz del problema.
Matriz de priorización	Con ayuda de esta matriz se puede lograr la priorización de las causas raíz de mayor a menor impacto
Matriz de indicadores	Se elabora una matriz de indicadores para realizar la medición por cada causa raíz del problema.

Tabla 6 *Instrumentos de procesamiento de la información*

Instrumentos de procesamiento de la información

Herramientas
Hoja de cálculo de Microsoft Excel
Microsoft Word
Block de notas
Bizagi

Método

La presente investigación consta de una propuesta de mejora, para el área de planificación de forraje en el hato ganadero, en base a herramientas de ingeniería industrial con un desarrollo en distintas etapas como detalle en la tabla 6.

Aspectos éticos

La necesidad de contar con consentimientos informados

- Debe recogerse documento en que la persona que participa en el estudio confirma su acuerdo en hacerlo recogiendo su identificación y firme. Ello obliga a informarle precio a su firma, que va a hacer, cómo, cuándo, dónde y cuánto tiempo aproximadamente le va a ocupar.
- La necesidad de comunicar y preservar cuantos preceptos legales sea necesario con relación a la protección de datos de carácter personal de la información de los participantes y la custodia de los datos recogidos de acuerdo con lo establecido en la ley N° 29733 de protección de datos.

Tabla 7

Etapas de la tesis

Etapas	Características	Herramientas
Diagnóstico	En esta etapa se determina y analiza la situación actual de la organización más la problemática proveniente de causas raíz que originan una baja productividad comparada con otros modelos de negocio del mismo tipo.	Diagrama de Ishikawa: Se elabora un diagrama de Ishikawa para identificar las causas raíz del problema. Matriz de priorización: Se ordenan las causas raíz en una jerarquía de mayor a menor impacto de acuerdo con los resultados de la encuesta realizada a los trabajadores de las áreas en cuestión.
Desarrollo de propuesta	Durante esta etapa se desarrollan las técnicas, metodologías y herramientas de mejora de ingeniería industrial para dar solución a las causas raíz identificadas, con el objetivo generar mayor productividad en la empresa	programación lineal: Se determina la cantidad demandada en el periodo de la planificación teniendo en cuenta las restricciones de capacidad de siembra de este. Programa maestro de producción: Se determina la cantidad y tiempo de producción de los productos. Programa de requerimiento de materiales (MRP): Se establece las cantidades optimas de materiales necesarias para el cumplimiento del programa de producción.
Evaluación económica y financiera	En esta etapa se procede a realizar una evaluación económica y financiera para la evaluación de la propuesta. Para ello, se considera indicadores como el valor actual neto (VAN), tasa interna de retorno (TIR) y la ratio de Beneficio/Costo (B/C)	Análisis económico – financiero: Se determina la viabilidad del proyecto para saber si es factible la propuesta de mejora.

Procedimiento

Para la presente investigación se realizó el siguiente procedimiento:

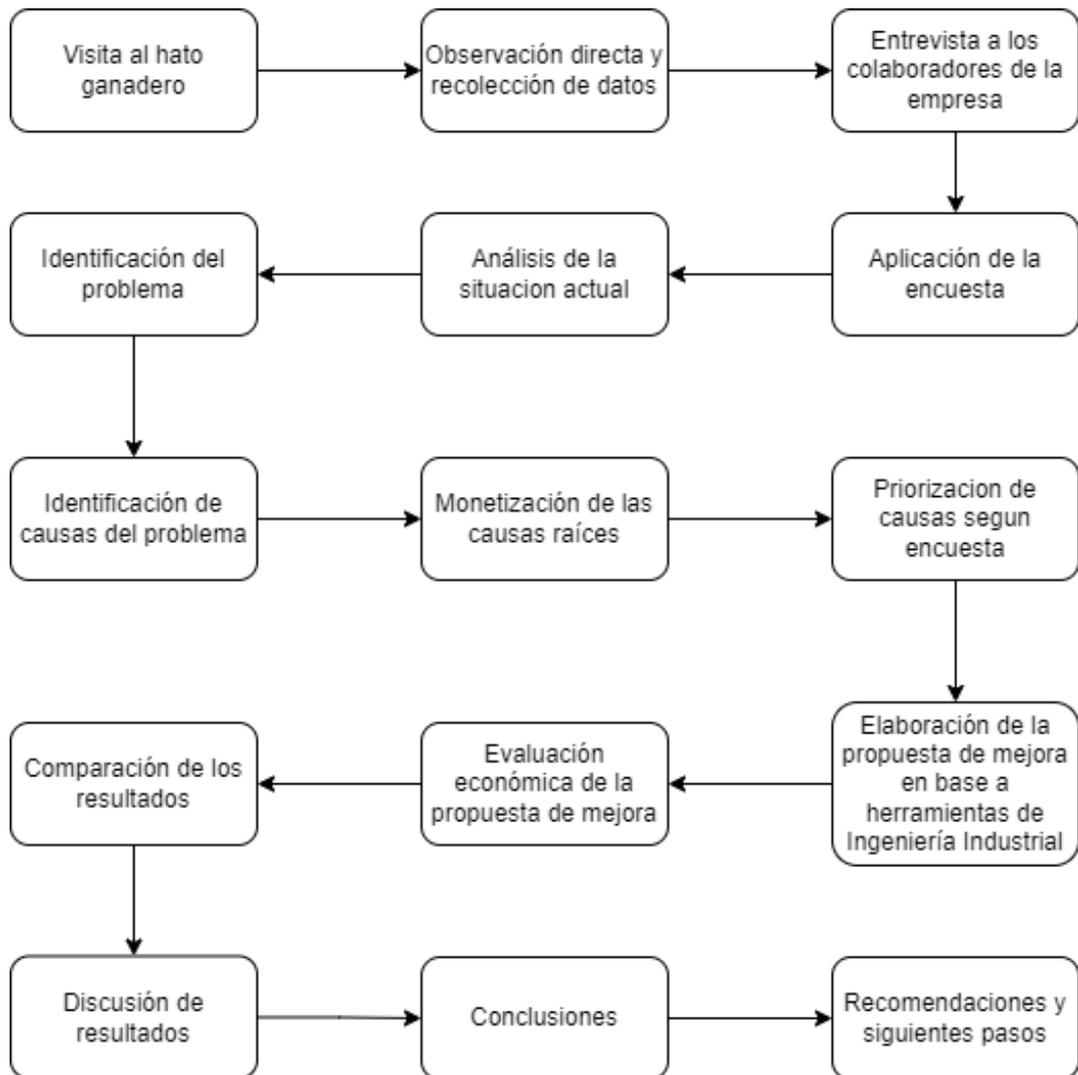


Figura 5 Procedimiento de realización de tesis

Diagnóstico de la realidad actual de la empresa

Para el diagnóstico de la empresa se considera diferentes aspectos como los siguientes:

Descripción de la empresa

La empresa ganadera es una empresa que pertenece a la industria láctea peruana, dedicada a la producción y venta de leche fresca con proyección a la elaboración de productos derivados de la leche. Es una empresa familiar con más de 10 años de experiencia, cuenta con sus instalaciones en la región de Cajamarca, provincia de San Miguel, siendo la producción y comercialización de la leche el Core del negocio.

Esta empresa privada es de carácter formal con R.U.C 20604622728, actualmente la empresa cuenta con 5 trabajadores y 4 accionistas.

En un inicio la empresa comenzó con la junta de los bienes y capitales de los socios y actualmente vienen realizando importantes inversiones, como la instalación de una planta de ordeño automatizado, para el crecimiento de este.

a. Visión

Al 2026, ser una empresa consolidada y posicionada en norte del Perú, haciendo de la ganadería una actividad moderna, rentable, solidaria, ambientalmente sostenible y socialmente responsable, para el bienestar de nuestra comunidad y nuestros accionistas.

b. Misión

Somos una empresa que se dedica a la gestión de ganadería altoandina, producción y comercialización de leche fresca, incorporando de manera continua procesos innovadores buscando incrementar el nivel de ingresos de nuestros accionistas y colaboradores.

c. Valores

- Innovación:

Ir mejorando los productos en base a ideas creativas fuera de lo común con el fin de conseguir nuevos mercados y consumidores

- Trabajo en equipo:

Trabajar en equipo es la única manera de convertir un producto estándar en uno de nivel sobresaliente

- Inocuidad

Elaborar productos con una alta calidad de higiene con el fin de cuidar al consumidor final

- Compromiso con los clientes:

La satisfacción al cliente externo como interno es uno de los grandes valores de la organización

d. Organigrama

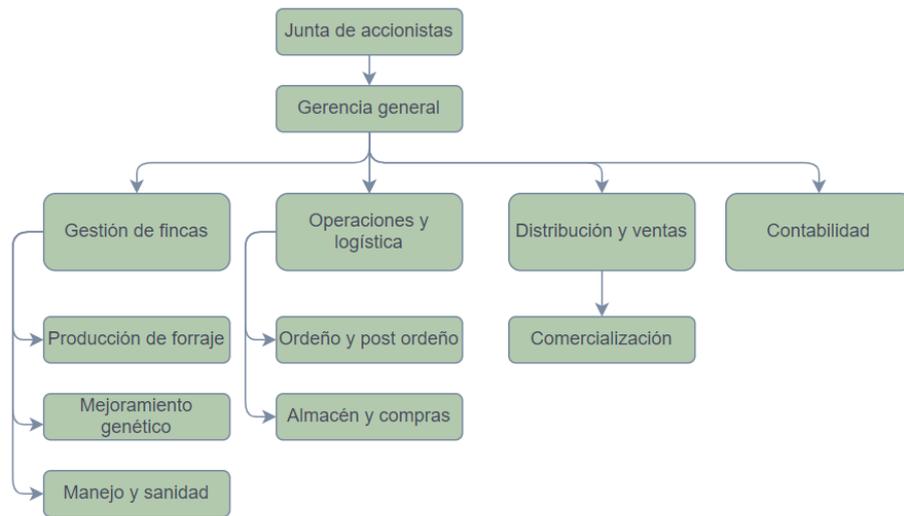


Figura 6 Organigrama de la empresa

e. Conformación de la organización

- Junta de accionistas:

La junta de accionistas conformado por los cuatro miembros fundadores se encarga de tomar las decisiones estratégicas del negocio en cuenta aumentar capacidad y reducción de costos.

- Gerencia general:

El area de la gerencia general encargada de ser líder del equipo quien guía a la organización en el logro de las metas planteadas y recabar toda la información estratégica y operativa para una buena toma de decisión. El gerente general es el encargado de realizar los actos de administración y gestión ordinaria de la sociedad, representar a la sociedad y apersonarse en su nombre y representación ante las autoridades.

- Gestión de fincas:

Es el area responsable de abastecimiento de forraje al hato ganadero indispensable para el proceso de producción de leche; además, gestiona y revisa el proceso de mejoramiento

genético apoyado de la sanidad animal. El analista de gestión de fincas establece el cronograma de producción de forraje y se ajusta al plan con la revisión de indicadores.

- Operaciones y logística

Es el area encargada del proceso de obtención de la leche mediante el ordeño y post ordeño asegurando la calidad e inocuidad del producto a comercializar. Por otro lado, el area de logistica es responsable de las compras de insumos y forraje para el abastecimiento del hato, así como almacenarlos.

- Distribución y ventas:

Es el area encargada de distribuir el producto terminado hacia los clientes externos de la organización.

- Contabilidad

Es el area encargada de llevar a cabo el registro contable y estar actualizado de la legislación vigente en tema de tributación.

f. Análisis FODA

Se realizo un análisis FODA con el objetivo de analizar factores externos e internos de la organización tal como lo muestra la figura 10.

Además, como diagnóstico de la empresa se tiene importante conocer la cadena de valor de la organización tal como lo muestra la figura 6



Figura 7 Cadena de valor de la empresa

En este sentido, se mapea el conjunto de procesos que tiene la organización para plasmarlo en el mapa general de macroprocesos tal como lo muestra la figura 8.

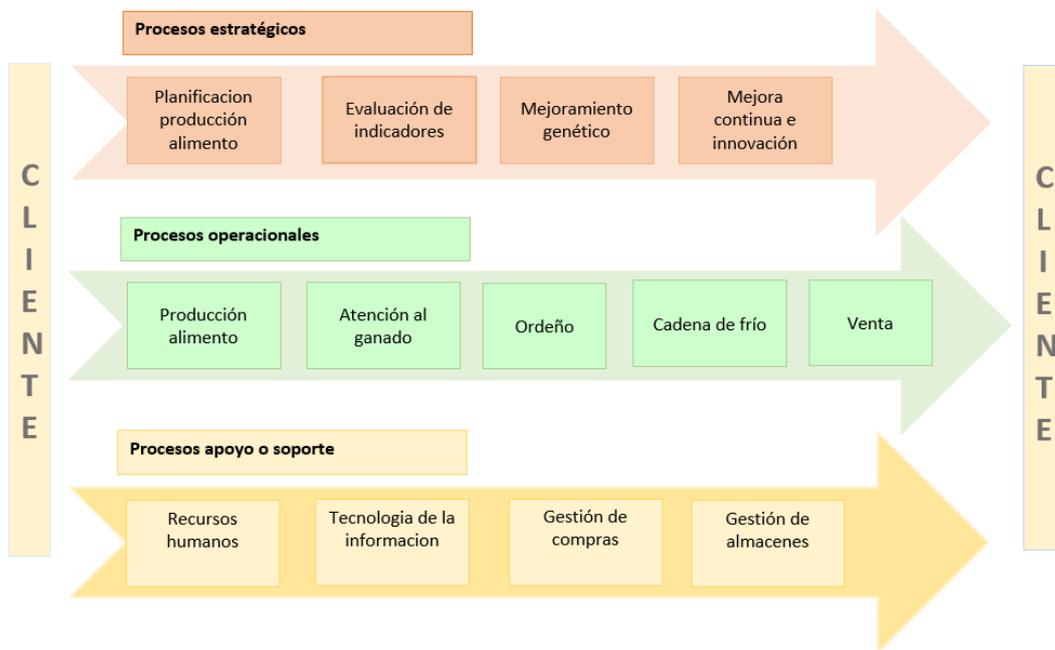


Figura 8 Mapa general de procesos

Así como, las instalaciones de la empresa están distribuidas según el siguiente Layout que muestra la figura 8

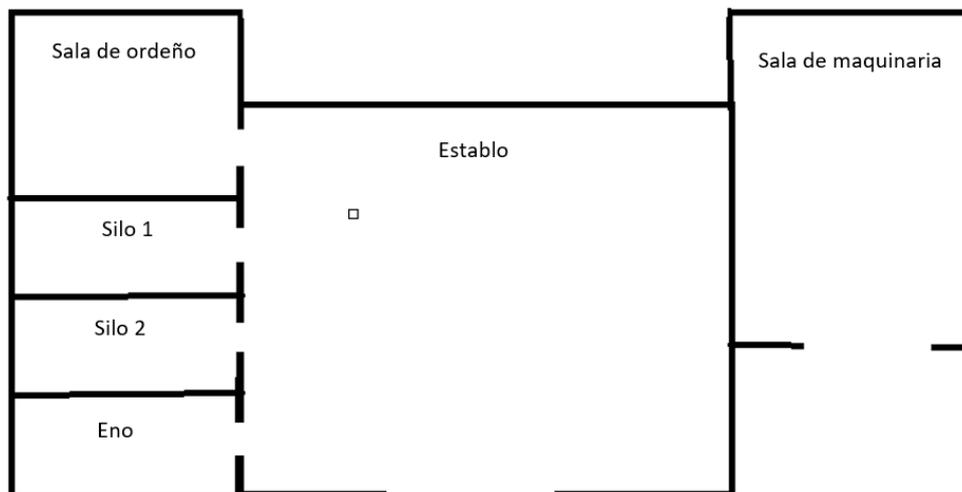


Figura 9 Layout actual de la empresa

Por último, se realiza un análisis de partes interesadas mediante una matriz tal como lo muestra la figura 9

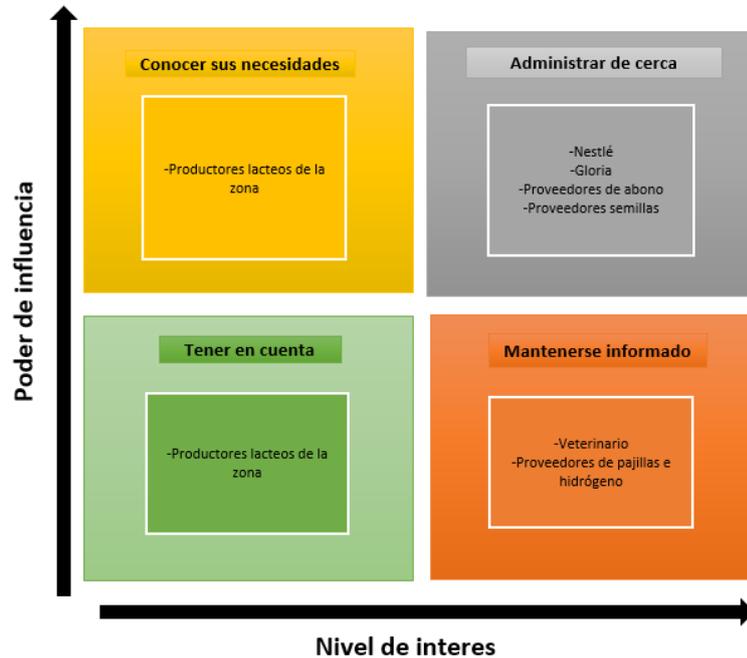


Figura 10 Matriz de análisis de partes interesadas

Fortalezas	Debilidades
<ul style="list-style-type: none"> Lideras con capacidad de gestión. Innovación constante Trabajo de equipo – junta de capitales Pioneros en nuevas tendencias lecheres 	<ul style="list-style-type: none"> Falta de organización y planificación Escases de mano de obra Demora en la toma de decisiones para realizar nuevas inversiones o proyectos
Oportunidad	Amenazas
<ul style="list-style-type: none"> Zona geográfica adecuada para la producción de forraje con bajos costos Demanda insatisfecha para la leche Apoyo del gobierno a la pyme 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción del precio de la leche Ingreso de importación de leche en polvo a menor costo Ingresos de actividades mineras que afecte el agua para el cultivo de forrajes.

Figura 11 Análisis FODA – Empresa ganadera

Determinar la productividad actual y las causas raíz de las pérdidas monetarias

Descripción de la situación actual de la empresa

Para poder conocer la situación actual de la empresa se hizo una observación de campo de las instalaciones de la empresa, como anotaciones rápidas de los comentarios de parte de los trabajadores, y la aplicación de una entrevista (Ver anexo 1) con el gerente y de más trabajadores

con el objetivo de hacer un diagnóstico de la baja productividad del hato ganadero. Con las dos fuentes de información se puede evidenciar que existen diversas causas que reducen la productividad en la organización como la deficiente genética animal donde la empresa cuenta con vacas mejoradas y de la zona lo cual mantienen una producción diferente.

Así también, la sanidad animal influye en el rendimiento productivo por las bajas en días de producción por enfermedad del volumen del hato; del mismo modo, la empresa cuenta con un programa de mejoramiento genético a través de la inseminación artificial pero lo cual no se está ejecutando de la mejor manera ya que las vacas se tienen que inseminar hasta 3 veces para que pueda ser éxito el proceso de fertilización del animal; y por último, la falta de planificación de producción de alimento influye directamente en la producción lechera del hato ya que hay insuficiente forraje para atender óptimamente a todo el hato, es así que, se pudo apreciar las dificultades más fuertes que presenta la empresa es la escasez de forraje para la alimentación del ganado. En este sentido, el encargado de forraje comenta que una de las causas para la falta de forraje es que no se cuenta con una planificación adecuada de abastecimiento de este, y no se aprovecha la capacidad productiva de las áreas destinadas a la producción de alimento. En este sentido, no se tiene claro cuánto es el requerimiento alimenticio del hato diario, mensual o anual, debido a ello no es posible planificar la producción de alimento.

En la figura 7 se presenta el diagrama de Ishikawa que permitió identificar y organizar las causas raíz de los problemas de la empresa.

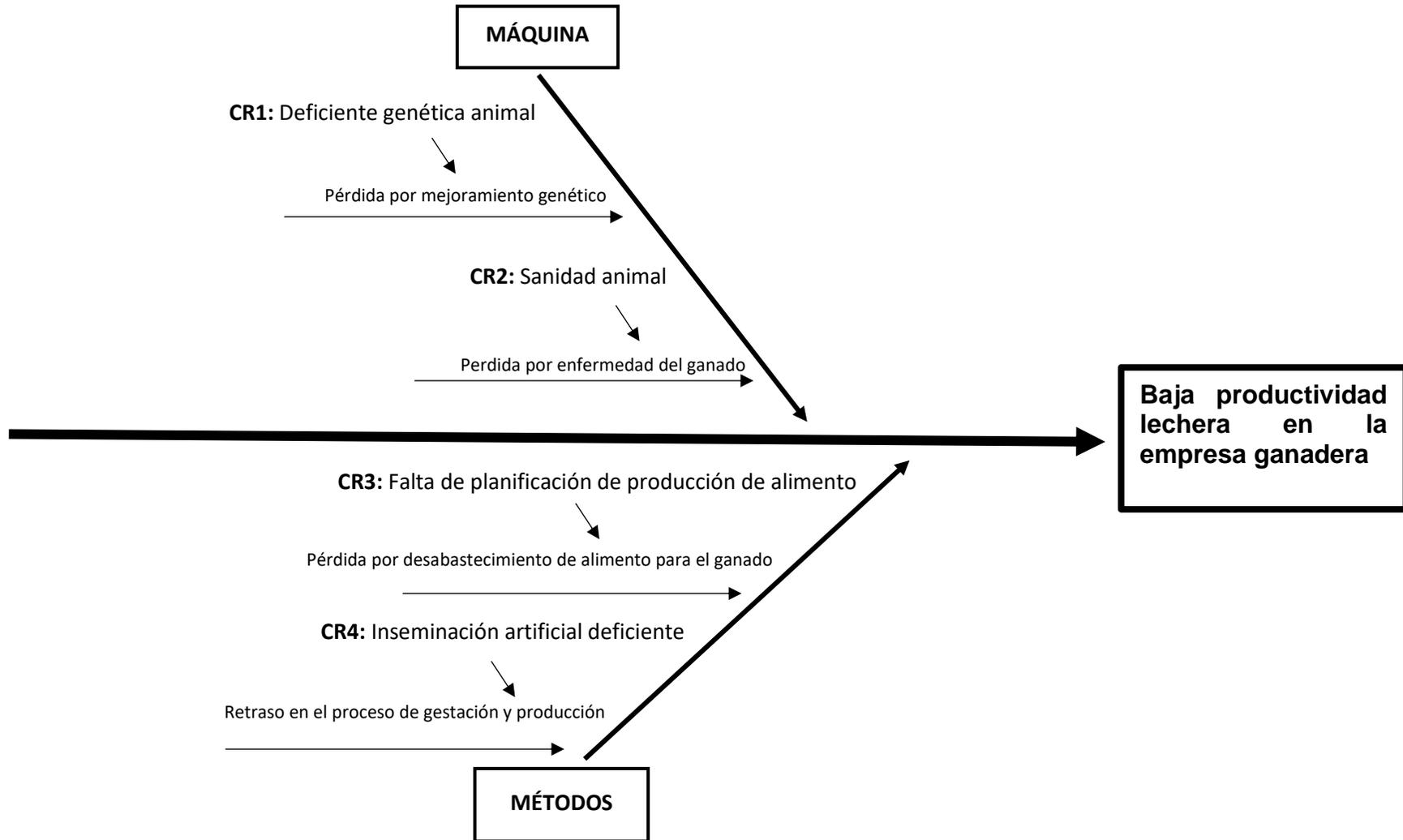


Figura 12 Diagrama de Ishikawa operativo – Empresa ganadera

Costeo de causas raíz

Para determinar el grado de influencia de las causas raíz en la baja productividad lechera del hato se ha procedido a costear la pérdida que se obtiene en consecuencia de la causa; es así como, se tomado en cuenta la data histórica del año 2021 y parte del 2022 para costear la pérdida en términos monetarios. Para ello, se empieza a costear las cuatro causas raíz encontradas en el diagrama de Ishikawa,

Costeo de la primera causa raíz: Deficiente genética animal

Se tiene como primera causa la deficiente genética animal, ya que actualmente la empresa cuenta con 18 vacas de la zona rural y 10 vacas recién compradas a una empresa reconocida del medio, manteniendo una producción de 12 y 17 litros día por vaca en promedio respectivamente como lo detalla la tabla siguiente:

Tabla 8

Inventario y producción promedio por tipo de vaca

Tipo vaca	Cantidad	Producción promedio/Día
Mejorada	10	17
Rural	28	12
Total	38	14

Los datos anteriores se ven reforzados por el análisis del inventario vacuno y su producción promedio (Ver anexo 2) Del cual podemos inferir que el 25% de las vacas tienen una producción igual o menor a 12 litros/día y el 75% de las vacas tienen una producción igual o menor a 15 litros/día tal como se muestra en la figura 8 de cajas y bigotes.

Para el análisis de costo de lucro cesante se considera 300 días de producción promedio constante al año y una diferencia productiva de 5 litros menos respecto a las vacas mejoradas compradas, es así como tengo el siguiente detalle de la tabla 8.

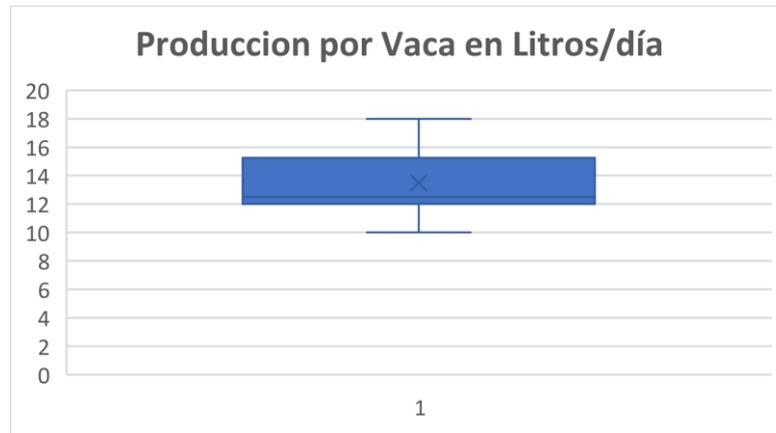


Figura 13 Gráfico de cajas y bigotes de la producción lechera del hato

Tabla 9

Volumen de litros perdidos por deficiencia genética

Tipo vaca	Diferencia productiva	Cantidad	Días / año	Total, Litros
Rural	5	28	300	42,000

Entonces, se obtiene en promedio 42,000 litros dejados de vender por mantener una genética rural respecto a las vacas compradas genéticamente mejoradas. Entonces, se obtiene un lucro cesante de utilidad de acuerdo con el siguiente detalle considerando un margen de utilidad del 23% respecto al precio de ventas

Tabla 10

Determinación de la utilidad perdida de la primera causa raíz

Cantidad litros perdidos	42,000
Precio venta	1.40
Volumen venta	58,800
utilidad perdida	13,524

Por consiguiente, se obtiene una utilidad dejada de percibir de S/. 13,524 soles por la causa de deficiencia genética.

Costeo segunda causa raíz: Sanidad animal

En el hato ganadero también se observa que hay baja de producción por enfermedades de la vaca que afecta directamente a la producción ya que la enfermedad afecta a la leche y esta

no se puede comercializar para el consumo humano. Una enfermedad recurrente en el hato es el desarrollo de mastitis que se da sobre todo por cuidado e higiene. Por consiguiente, para el coste de la presente causa raíz se ha tomado el registro de para productiva por enfermedad donde no se ha podido comercializar la leche (Ver anexo 3). Según el histórico de baja productiva se tiene el siguiente detalle considerando una producción promedio de 14 litros/día por vaca:

Tabla 11

Determinación de la utilidad perdida de la segunda causa raíz

Litros perdidos	7,532
Precio	1.40
Volumen venta	10,545
Utilidad perdida	2,425

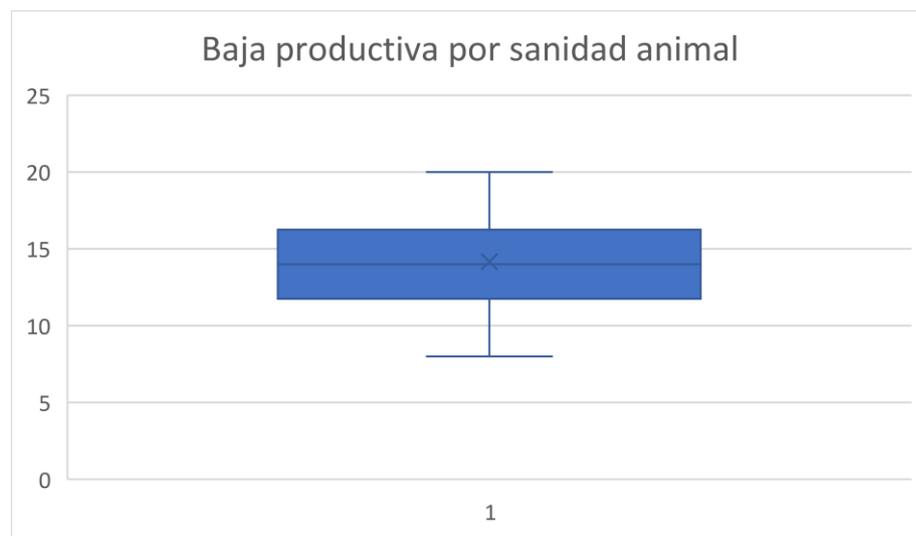


Figura 14: Gráfico de barras y bigotes de la segunda causa raíz

Del grafico se infiere que el 25% de las vacas tiene una baja productiva igual o menor a 11.75 días/año y el 75% de las vacas tiene una baja productiva anual igual o menor 16.25 días/año.

Costeo tercera causa raíz: Falta de planificación de producción de alimento

La deficiencia alimenticia del hato en general es una de las causas más observadas por parte de los colaboradores de la empresa y el especialista veterinario que maneja la ganadería, ya que en distintas observaciones se llega a la conclusión que el ganado vacuno están con una deficiencia alimenticia. En este sentido, la empresa no conoce la oferta alimenticia y actúa de manera correctiva atendiendo la necesidad del momento, es así que cuando hace falta el alimento, la decisión inmediata que se toma es la compra de forraje a un costo mayor de lo producido dando como resultados sobre costos de alimentación, y aun así es insuficiente para abastecer la demanda alimenticia del hato.

En este sentido, para costear la causa de falta de planificación de alimento se considera la actual capacidad productiva en terreno y tipo de forraje, así como los costos unitarios asociados a cada tipo de forraje como lo demuestra el detalle siguiente:

Tabla 12

Capacidad productiva actual

Tipo forraje	N° Hectárea	Prod/hectárea	Prod. Total (Kg)	Costo x Kg
Raigrás + trébol	7	18,720	131,040.00	S/ x Kg 0.11
Alfalfa	2	48,600	97,200.00	S/ x Kg 0.07
Maíz	1	20,250	20,250.00	S/ x Kg 0.13
Maíz alquiler	2	20,250	40,500.00	S/ x Kg 0.14
			288,990.00	S/ x Kg 0.11

Entonces, se tiene que la producción estimada de la realidad actual está en 288,990 kg anuales; sin embargo, teniendo en cuenta el consumo teórico del 3% del peso vivo promedio por tipo de ganado en materia seca, se obtiene una demanda forrajera anual del hato en 379,636.5 kg. Por lo cual, hay una demanda insatisfecha de 90,646.5 kg anuales lo cual tiene que ser comprado en forraje a un precio de 0.96 S/ x Kg, así se obtiene un costo de compra de alimento de S/ 87,201.93 soles.

Para determinar el costo de oportunidad que se está dejando de percibir, se tiene que comparar el costo de compra de forraje vs el costo de producir su propio forraje, para ello consideramos el costo de producción unitario del maíz en 0.11 S/ x Kg. Así se tiene, los siguientes detalles:

Tabla 13

Costo total de compra forraje actual

Costo compra	
Demanda Insatisfecha	90,646.50
Costo compra x kg	0.96 S/ x Kg
Costo total	87,201.93

Tabla 14

Costo de producir la demanda insatisfecha de forraje

Costo produccion	
Demanda Insatisfecha	90,646.50
Costo produccion maíz x Kg	0.13 S/ x Kg
Costo total	11,584.85

De las tablas anteriores, se tiene que el costo de producir la demanda faltante es mucho menor en comparación del costo de comprarlo teniendo esa diferencia de S/ 75,617.09 soles como el costo de oportunidad de producir el propio alimento en vez de comprarlo.

Costeo cuarta causa raíz: Inseminación artificial deficiente

La empresa ganadera cuenta, desde hace poco, con una política de inseminación artificial para el mejoramiento genético del hato ganadero, no obstante, dicha política está en la época de aprendizaje donde aún no se ha logrado la eficiencia requerida para optimizar tiempo y costo en este proceso; debido a ello, cuando se da la oportunidad de aplicar la inseminación es recurrente volver aplicar en dos o más ocasiones para que el proceso sea exitoso. En este sentido, el hato ha llevado un registro de las veces de inseminación por vaca durante el 2021 y parte del 2022 (Ver anexo 4).

Para determinar los costos asociados a la causa se realiza la sumatoria de las veces que se ha hecho el procedimiento de inseminación para ello como primer costo este asociado al material (pajilla) y a la mano de obra, como se muestra en el siguiente detalle:

Tabla 15

Costo en material y mano de obra para inseminación

N° Ensiminación	71
Costo pajilla	16
Costo MO	50
Costo total	4,686

También, se costea los días perdidos de producción en el periodo de registro cuando la inseminación no es exitosa tomándose un retraso en el proceso productivo de 21 días por cada inseminación no exitosa; así como, se considera una producción promedio de 14 litros/día. Así tenemos el siguiente detalle:

Tabla 16

Días perdidos por ensiminación deficiente y volumen de leche perdida

Días perdidos	693
Prod. promedio/ día	14
Volumen litros	9,702

Se obtiene un volumen de venta en litros de 9,702 multiplicado por el precio de venta de S/ 1.4 y el margen de utilidad neta de 23% respecto al precio de venta, se obtiene un costo de lucro cesante de S/ 4,028.64

Priorización de causas raíz

El objetivo de esta investigación es determinar la causa raíz que más influye en la baja productividad de la empresa a nivel de costos perdidos causantes de las mismas; en este sentido, el proyecto se apoya en la matriz de priorización y diagrama de Pareto de acuerdo con el siguiente detalle:

Tabla 17

Matriz de priorización de causas raíz

N°	Causa Raíz	Puntaje	F. Relativa	F. Acumulada	80-20
CR3	Falta de planificación de alimento	75,617	79.41%	79.41%	80
CR1	Deficiente genética animal	13,524	13.94%	93.35%	20
CR4	Inseminación artificial deficiente	4,029	4.15%	97.50%	20
CR2	Sanidad animal	2,425	2.50%	100.00%	20
Total		97,017			

De acuerdo con la tabla 16, se puede apreciar que la causa que más influye en el problema es la falta de planificación de alimento a nivel de costos perdidos. En este sentido, la investigación se apoya en el diagrama de Pareto donde se puede apreciar que el 80% de la influencia en el problema provienen del 20% de las causas identificadas.

De acuerdo con la matriz de priorización de la tabla 16 y diagrama de Pareto de la figura 14, se logra determinar que la causa que tiene mayor grado de influencia en el problema priorizado, mediante el coste de la utilidad perdida, es la falta de planificación de alimento lo cual tiene un gran impacto de utilidad perdida. En este sentido, la propuesta de mejora se ve orientada al mejoramiento de la planificación de producción de forraje como una propuesta integral que involucra diferentes áreas mediante la programación lineal y el MRP con el fin de captar la utilidad dejada de percibir por la compra de alimento para atender el déficit de forraje que necesita el hato ganadero y por ende su baja producción lechera.

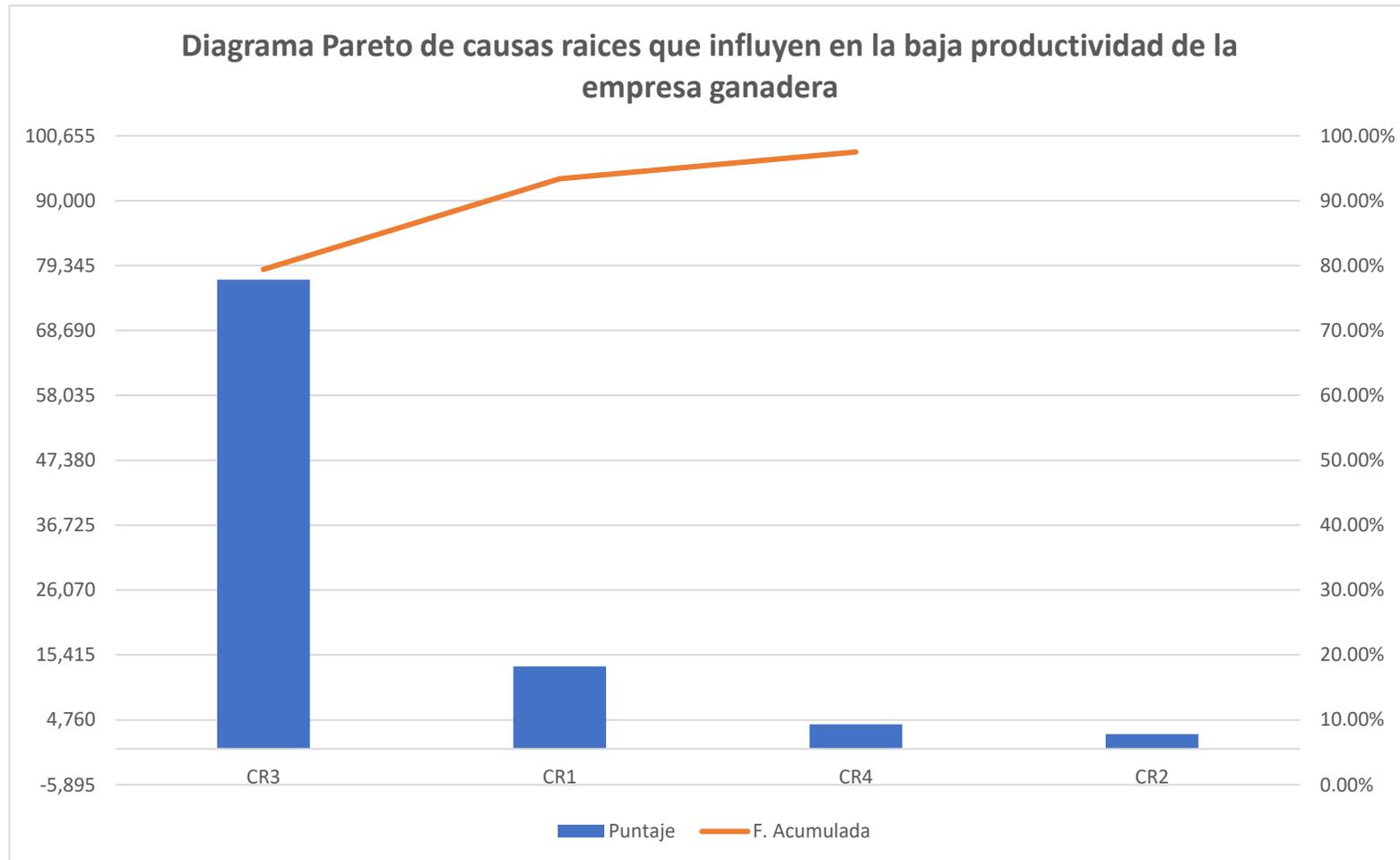


Figura 15 Diagrama de Pareto de las causas raíz

Tabla 18

Matriz de indicadores de causa raíz

CAUSA RAÍZ	SOLUCIÓN	ÁREA	INDICADOR	FÓRMULA	VA	VM	Perdida/ahorro /Beneficio	herramienta
CR3: Falta de planificación de alimento	Propuesta de mejora en la planificación de forraje mediante programación lineal para aumentar la productividad de la empresa ganadera, Cajamarca 2022	Producción de forraje	% Utilización de la capacidad	$\%UC = \frac{\text{Areas sembradas}}{\text{Area total siembra}}$	70%	100%	S/ 30,866.00	*Balance forrajero *Diagrama de Gantt *Programación lineal *MRP
			% Cumplimiento del cronograma de producción	$\%CP = \frac{\text{Act. Ejecutadas}}{\text{Act. Programadas}}$	70%	100%		
			% Cumplimiento alimentario	$\%CA = \frac{\text{Kg producidos}}{\text{Kg requeridos}}$	76.12%	100%	S/ 75,617.09	
			% Crecimiento poblacional	$\%CA = \frac{\text{Crecimiento real}}{\text{Crecimiento proyectado}}$	90%	100%	6 litros / (vaca*día)	
			Rendimiento promedio de producción lechera	$\%DS = \frac{\sum \text{Litros producidos}}{\sum \text{vacas en produccion}}$	14	20		
			% Incremento productivo	$\%DS = \frac{\sum \text{Ventas mejorados} - \sum \text{Ventas actuales}}{\sum \text{ventas actuales}}$	5.22%		S/ 82,368.00	
			% Atención a la demanda lechera	$\%AD = \frac{\sum \text{Litros producidos}}{\text{Demanda potencial}}$	11.39%	16.61%		

Análisis de la oferta y demanda lechera de la zona de influencia del hato

Para identificar la oportunidad de costo por perdida por baja producción lechera, primero se necesita entender el comportamiento de la demanda histórica que se ha tomado como muestra el acopio productivo de leche, del 2017 al 2021, de dos empresas productoras de lácteos cerca de la zona influencia del hato ganadero, que vendría a ser la demanda efectiva que el hato ganadero puede cubrir con su producción; es así como, se tiene el siguiente cuadro:

Tabla 19

Demanda histórica lechera en la zona de influencia del hato ganadero

AÑO	Población demandante efectiva (Empresas)	Demanda promedio Litros / empresa / día	Total/ Litros / año
2017	2	1,600.00	1,168,000.00
2018	2	1,800.00	1,314,000.00
2019	2	2,000.00	1,460,000.00
2020	2	2,400.00	1,752,000.00
2021	2	2,800.00	2,044,000.00

Entonces, con la demanda histórica lechera se puede realizar una proyección de la demanda futura a cinco años posteriores mediante el modelo matemático de regresión lineal simple (Ver anexo 5) teniendo el siguiente detalle con datos futuros de la demanda de las dos empresas en la zona de influencia:

Tabla 20

Demanda futura proyecta

AÑO	Demanda proyectada anual
Año base 2022	2,204,600
2023	2,423,600
2024	2,642,600
2025	2,861,600
2026	3,080,600
2027	3,299,600

También, resulta importante conocer la oferta producida por empresas y productores independientes del mismo rubro de la empresa ganadera en el mismo periodo del análisis de la demanda, es así como tenemos el siguiente detalle:

Tabla 21

Oferta lechera histórica

Año	Oferta de leche (Litro /día)	Oferte de leche (Litros / año)
2017	2000	730,000
2018	2100	766,500
2019	2500	912,500
2020	2600	949,000
2021	2700	985,500

Del mismo modo, se proyecta la oferta para los cinco años siguientes a la data histórica analizada con un modelo matemático de regresión lineal simple (Ver anexo 6), para lo cual tenemos el siguiente detalle:

Tabla 22

Oferta de leche proyectada

Año	Oferta de leche proyectada
2022	1,076,750
2023	1,146,100
2024	1,215,450
2025	1,284,800
2026	1,354,150
2027	1,423,500

Entonces, con los datos de la demanda y la oferta podemos determinar una brecha lechera insatisfecha que no es atendida, lo cual representa una oportunidad de mayores ingresos para la empresa; es así como, se puede generar mayor producción lechera para atender dicha

necesidad de materia prima. Se puede observar el detalle de la brecha de demanda insatisfecha en el siguiente cuadro:

Tabla 23

Determinación de demanda insatisfecha local

DETERMINACION DE LA BRECHA DEMANDA-OFFERTA			
AÑO	DEMANDA	OFERTA	BRECHA
Año base 2022	2,204,600	1,076,750	1,127,850
2023	2,423,600	1,146,100	1,277,500
2024	2,642,600	1,215,450	1,427,150
2025	2,861,600	1,284,800	1,576,800
2026	3,080,600	1,354,150	1,726,450
2027	3,299,600	1,423,500	1,876,100

Del cuadro anterior, se puede observar que hay una importante demanda insatisfecha de la cual el hato ganadero manteniendo su producción actual de 14 litros por vaca en promedio solo puede atender lo que se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla 24

Atención a demanda insatisfecha con producción actual

AÑO	DEMANDA INSATISFECHA	PRODUCCIÓN	COBERTURA
Año base 2022	1,127,850	128,480	11.39%
2023	1,277,500	128,480	10.06%
2024	1,427,150	147,807	10.36%
2025	1,576,800	147,481	9.35%
2026	1,726,450	157,649	9.13%
2027	1,876,100	211,948	11.30%

Mientras que, la presente investigación considera un aumento relativo en la producción promedio por vaca a 20 litros resultado de la planificación u organización en la producción de forraje para cumplir con la demanda alimenticia requerida para una vaca clasificada como vaca de media, es así como tenemos el siguiente detalle:

Tabla 25

Atención a la demanda insatisfecha con propuesta de mejora

AÑO	DEMANDA INSATISFECHA	PRODUCCIÓN	COBERTURA
Año base 2022	1,127,850	187,315	16.61%
2023	1,277,500	187,315	14.66%
2024	1,427,150	213,178	14.94%
2025	1,576,800	212,852	13.50%
2026	1,726,450	227,379	13.17%
2027	1,876,100	305,648	16.29%

Matriz de variables Operacionales

Descripción de la propuesta de mejora

En la presente investigación se propone diseñar un procedimiento el cual aporte valor en la planificación de abastecimiento de alimento en un ciclo de un año calendario que satisfaga las necesidades alimenticias requeridas por el hato ganadero.

Demanda alimenticia del hato

Para determinar la demanda del hato ganadero se necesita conocer un inventario detallado de animales que requiere alimentación en materia seca y su peso; así como; la proyección de crecimiento poblacional proyectado a 5 años a partir del año base; además, la ganadería viene adoptando una política de mejoramiento genético con postas de inseminación artificial con pajillas de semen sexado, es por ello, que para los años posteriores al año base se obtendrá solo cabezas de ganado hembra. En este sentido, se muestra la tabla a continuación con los animales inventariados hasta el inicio de la presente investigación y su proyección ligada al crecimiento:

Tabla 26

Crecimiento población ganadero proyectado

ANIMALES	PESO PROM (Kg)
Vacas en Producción	510
Vacas en seca	560
Vaquillonas	400
Vaquillas	350
Terneras	220
Terneros	220
Toretas	250
Toros	600

Asimismo, se determina el peso promedio por tipo de animal del hato ganadero con el fin de determinar el consumo requerido en materia seca, así se obtiene el siguiente detalle:

Tabla 27

Peso promedio por tipo de animal

ANIMALES	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Vacas en Produccion	27	27	29	29	32	42
Vacas en seca	11	11	13	13	13	18
Vaquillonas	13	13	11	15	25	25
Vaquillas	12	12	16	27	27	29
Terneras	17	17	29	29	31	41
Terneros	5	5	0	0	0	0
Toretas	2	2	0	0	0	0
Toros	0	0	0	0	0	0
Total	87	87	98	113	128	155

En este sentido, se calcula el requerimiento alimenticio para los 5 años de proyección que necesitara el hato para que funcione de manera eficiente y alcance el rendimiento productivo objetivo. Entonces, con el inventario de animales que demandan de alimento multiplicado por su peso promedio por tipo de cabezas se obtiene el requerimiento alimenticio proyectado. Es así como, para estimar la necesidad alimenticia, se soporta de un dato teórico

que estable National Research Council (NCR) donde indica que una cabeza de ganado vacuno debe consumir entre 2.5 % - 3 % de su peso vivo en materia seca (forraje), por consiguiente, el presente estudio considera el consumo de forraje como 3% del peso vivo donde se puede cumplir las necesidades nutritivas para obtener una mayor productividad lechera. Es por ello que, considerando la cantidad y el peso promedio de cada clasificación animal por el requerimiento alimenticio teórico con el número de días al año, se obtiene una demanda en forraje estimada por días, meses y años; en consecuencia, se logra determinar la demanda estimada de alimento para que el hato tenga un funcionamiento a nivel óptimo y plena capacidad, ya que al cubrir las necesidades alimenticias influye directamente en el crecimiento, reproducción, producción lechera, producción de carne, etc.,.

En el siguiente cuadro se muestra la demanda alimenticia mensual para el ciclo anual considerado en la presente investigación:

Tabla 28

Requerimiento alimenticio proyectado en Kg

ANIMALES	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Vacas en Producción	150,782	150,782	161,951	161,951	178,704	234,549
Vacas en seca	67,452	67,452	79,716	79,716	79,716	110,376
Vaquillonas	56,940	56,940	48,180	65,700	109,500	109,500
Vaquillas	45,990	45,990	61,320	103,478	103,478	111,143
Ternereras	40,953	40,953	69,861	69,861	74,679	98,769
Terneros	12,045	12,045	0	0	0	0
Toretas	5,475	5,475	0	0	0	0
Toros	0	0	0	0	0	0
Total	379,637	379,637	421,028	480,705	546,077	664,337

Para efecto de la aplicación de la mejora, se toma al año 2023 como primer año de aplicación de la propuesta; es así que, como primera medida se separa la demanda anual en demanda mensual para obtener un mayor detalle de planificación. Así se obtiene el siguiente detalle:

Tabla 29

Demanda alimenticia del hato ganadero mensual 2023

Mes	Demanda Alimenticia (kg)
Enero	32,243
Febrero	29,123
Marzo	32,243
Abril	31,203
Mayo	32,243
Junio	31,203
Julio	32,243
Agosto	32,243
Septiembre	31,203
Octubre	32,243
Noviembre	31,203
Diciembre	32,243
total	379,637

Oferta productiva de forraje

La empresa ganadera cuenta con capacidad productiva de su propio alimento mediante el cultivo de sus terrenos extendidos en la zona de operaciones de la ganadería. En la actualidad, se aprovecha desorganizadamente capacidad de producción de forraje debido a la desorganización de cosecha y siembre considerando las estaciones meteorológicas propias de la zona geográfica.

Para estimar la capacidad productiva de los terrenos es necesario conocer las area disponibles con las que cuenta la empresa. En este sentido, se tiene que la empresa cuenta con la producción de tres tipos de forraje como la siembra y cosecha de raigrás más trébol, alfalfa y maíz forrajero. La organización ya ha sectorizado las áreas para la producción de cada tipo de forraje de acuerdo con la geografía (Tipo de terreno, distancia, salidas y entradas, etc.), disponibilidad hídrica, entre otros.

Es así como, para la producción de forraje de raigrás y trébol se tiene destinadas 7 hectáreas con un rendimiento promedio en materia verde de 2.4 Kg/m² y un rendimiento promedio en materia seca del 13% de la materia verde producida obteniendo una producción anual según el detalle del siguiente cuadro:

Tabla 30

Datos técnicos de producción de raigrás más trébol

Hectáreas	Producción forraje (Kg)	Corte/año	Prod. MV Anual (Kg)	Prod. MS Anual (Kg)
2	48,000	6	288,000	37,440
2	48,000	6	288,000	37,440
3	72,000	6	432,000	56,160
7	168,000	6	1,008,000	131,040

Para la siembra de alfalfa se ha destinado 2 hectáreas con un rendimiento promedio de 2.7 Kg/m² en materia verde y con 15% de rendimiento en materia seca respecto a la verde según el detalle del siguiente cuadro:

Tabla 31

Datos técnicos de producción anual de alfalfa

Hectáreas	Producción forraje (Kg)	Corte/año	Prod. MV Anual (Kg)	Prod. MS Anual (Kg)
1	27,000	12	324,000	48,600
1	27,000	12	324,000	48,600
2	27,000	12	648,000	97,200

Para la siembra de maíz forrajero se ha destinado 1 hectárea en terreno propio de la empresa y 2 hectáreas en áreas en alquiler con una producción de 81 TN/Ha en materia verde y con 25% de rendimiento en materia seca respecto a la verde según el detalle del siguiente cuadro:

Tabla 32

Datos técnicos de producción anual de maíz forrajero

Hectáreas	Producción forraje (TN)	Corte/año	Prod. MV Anual (Kg)	Prod. MS Anual (Kg)
3	81	2	81,000	40,500
1	81	2	81,000	40,500

La organización actualmente cuenta con una capacidad productiva según el detalle siguiente sin realizar ninguna inversión adicional en alquiler o compra de terrenos o habilitación de nuevas áreas para la producción de esta.

Tabla 33

Capacidad productiva en la empresa ganadera

Tipo alimento	Hectáreas	Rotación	Rend. MV (Kg/Ha)	Rend. MS (Kg/Ha)	Prod. MS Anual (Kg)
Raigrás + Trébol	7	6	24,000	3,120	131,040
Alfalfa	2	12	27,000	4,050	97,200
Maíz forrajero	1	2	81,000	20,250	40,500
Maíz forrajero alquiler	2	2	81,000	20,250	81,000
Total	12			27,420	349,740

Balance alimenticio

Para poder determinar el alcance de la capacidad productiva que pueda atender los requerimientos alimenticios del hato ganadero, se realiza un balance entre la demanda alimenticia y la oferta forrajera para los 5 años de proyección del proyecto de mejora. Es así como tenemos como oferta actual el detalle del siguiente cuadro:

Tabla 34

Capacidad forrajera actual proyectada a 5 años

Tipo de forraje	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Raigrás + trébol	131,040	131,040	131,040	131,040	131,040	131,040
Alfalfa	97,200	97,200	97,200	97,200	97,200	97,200
Maíz	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500	40,500
Maíz alquiler	81,000	81,000	81,000	81,000	81,000	81,000
Total	349,740	349,740	349,740	349,740	349,740	349,740

Por otro lado, se describe la demanda obtenida en el capítulo “Demanda alimenticia del hato” con el siguiente detalle:

Tabla 35

Demanda proyectada del hato

	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Demanda	379,637	379,637	421,028	480,705	546,077	664,337

Con los datos de la oferta y la demanda se obtiene el balance alimenticio y se determina si la capacidad actual constante a 5 años pueda atender a la demanda forrajera proyectada al mismo periodo de tiempo, por lo cual se obtiene el siguiente detalle:

Tabla 36

Balance alimenticio proyectado

Balance alimenticio	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Demanda	379,637	379,637	421,028	480,705	546,077	664,337
Oferta	349,740	349,740	349,740	349,740	349,740	349,740
Faltante o sobrante	-29,897	-29,897	-71,288	-130,965	-196,337	-314,597

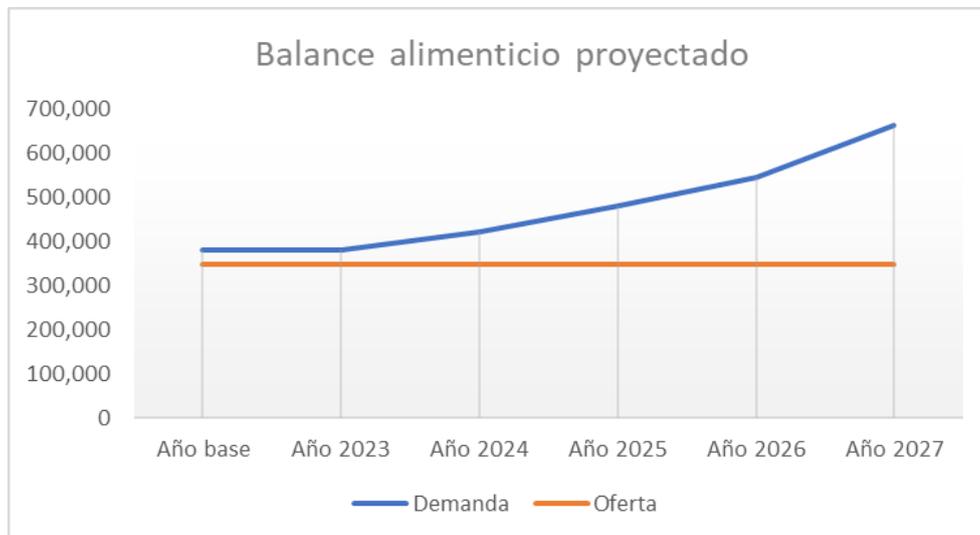


Figura 16 Balance alimenticio proyectado

Es así como, del cuadro y gráfico anterior se puede determinar que con la capacidad productiva forrajera actual no abastece el requerimiento alimenticio proyectado. Es por esta razón, que dentro de la propuesta de mejora se propone la adquisición de 6 hectáreas de terreno para el año 2023 para la siembra y cosecha de maíz forrajero por su facilidad de manejo productivo. Con esta adquisición se obtiene los resultados siguientes:

Tabla 37

Balance alimenticio con aumento de capacidad productiva

Balance alimenticio	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Demanda	379,637	379,637	421,028	480,705	546,077	664,337
Oferta	349,740	592,740	592,740	592,740	592,740	592,740
Faltante o sobrante	-29,897	213,104	171,713	112,035	46,664	-71,597

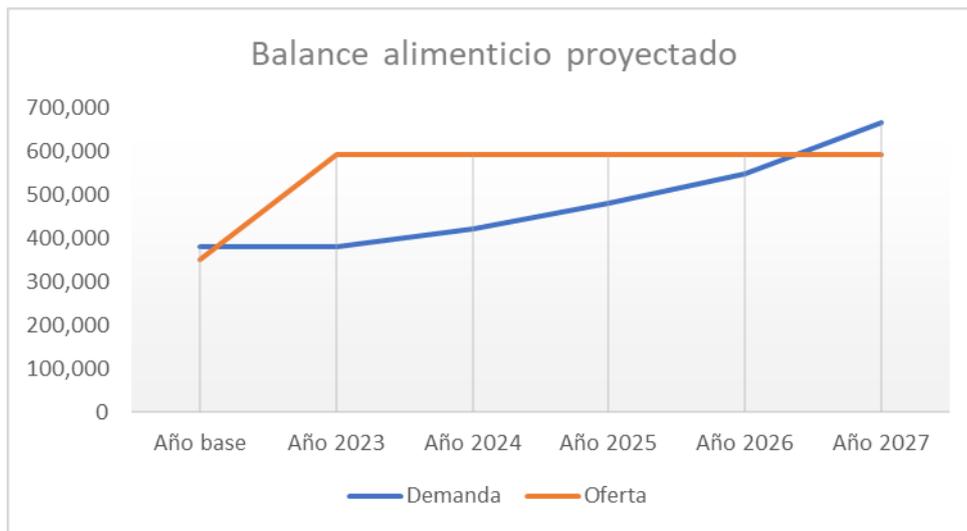


Figura 17 Balance alimenticio con aumento de capacidad productiva

Entonces, con el aumento de la capacidad productiva a partir del año 2023, que es el año de inicio de la propuesta de mejora, se puede observar de la tabla y gráfico anterior que hay una sobre oferta forrajera hasta el año 2026 y para el último año de la proyección hay un déficit de alimento con el cual se propone la adquisición de pacas de alfalfa para completar con el requerimiento mientras se evalúa alternativas de aumento de producción forrajera para los siguientes años de expansión de la empresa. En este sentido, para nivelar la sobre oferta con el

objetivo de obtener menores costos de producción se hace uso de la programación lineal y el modelamiento MRP.

Costos de producción y compra de forraje

Los costos asociados a la producción de los distintos tipos de alimento se dan según el siguiente detalle:

Tabla 38

Costos de producción de forraje

Tipo de forraje	Cantidad	U.M.	CP / Ha	KG/Ha	Sol / Kg
Raigrás + trébol	7	Ha	S/ 1,985.00	18,720	S/ x Kg 0.106
Alfalfa	2	Ha	S/ 3,385.00	48,600	S/ x Kg 0.070
maíz	1	Ha	S/ 5,176.00	40,500	S/ x Kg 0.128
maíz alquiler	2	Ha	S/ 5,871.00	40,500	S/ x Kg 0.145
Pacas Alfalfa					S/ x Kg 0.962

Se determina que la alfalfa es el forraje con menor costo de producción, pero solo se tiene destinados 2 hectáreas por condiciones geográficas y climáticas, ya que la alfalfa es un alimento que requiere de gran cantidad de agua que es escaso en épocas secas de verano. Siguiendo a ello, el raigrás más trébol es el forraje en segundo lugar con menor costo de producción siendo este forraje el principal insumo para el hato ganadero ayudado de su natural desarrollo en el área de influencia.

Minimización de costos de producción forrajera mediante programación lineal

En la presente investigación se propone el uso de la programación lineal como modelo de optimización de costos de producción para obtener la mejor combinación posible en los años donde la oferta supera la demanda alimenticia; es así que, se establece un modelo dinámico para cada año del horizonte proyectado tomando como ejemplo el año 2023 como inicio de la propuesta de mejora; por supuesto, la organización necesita saber la cantidad requerida a producir de cada tipo de forraje y organizar su producción durante un año de ejecución de actividades con el menor costo posible de adquisición de alimentos, es por ello que se optó por

usar la programación lineal para determinar las cantidades requeridas por tipo de forraje a producir con el menor costo posible. En este sentido, se toma como restricciones del modelo la capacidad productiva del hato, el requerimiento productivo y las variables mayores a 0 para desarrollar la función objetivo con el fin de mínimo costo posible para la producción de forraje para el hato ganadero.

Para el uso de la programación lineal se inicia definiendo las variables intervinientes en el caso tales como el tipo de forraje y los meses de producción en el año de planificación de producción, es así que tenemos las siguientes variables:

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de enero de los 5 tipos de forraje definidos como E1, E2, E3, E4 y E5

También, tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de febrero de los 5 tipos de forraje definidos como F1, F2, F3, F4 y F5

Así como, las variables que representan la cantidad producida para el mes de marzo de los 5 tipos de forraje definidos como M1, M2, M3, M4 y M5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de abril de los 5 tipos de forraje definidos como A1, A2, A3, A4 y A5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de mayo de los 5 tipos de forraje definidos como Y1, Y2, Y3, Y4 y Y5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de junio de los 5 tipos de forraje definidos como J1, J2, J3, J4 y J5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de Julio de los 5 tipos de forraje definidos como L1, L2, L3, L4 y L5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de agosto de los 5 tipos de forraje definidos como T1, T2, T3, T4 y T5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de septiembre de los 5 tipos de forraje definidos como S1, S2, S3, S4 y S5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de octubre de los 5 tipos de forraje definidos como O1, O2, O3, O4 y O5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de noviembre de los 5 tipos de forraje definidos como N1, N2, N3, N4 y N5

Tenemos las variables que representan la cantidad producida para el mes de diciembre de los 5 tipos de forraje definidos como D1, D2, D3, D4 y D5

Cuando se tiene las variables definidas se procede a determinar la función objetivo que consiste en obtener el menor costo de producción de forraje posible determinando las cantidades optimas a producir de cada tipo de forraje en cada mes específico del horizonte de planeación productiva considerando el costo unitario por kilogramo de alimento, es así como tenemos la función objetivo siguiente:

$$Fo (\min) = 0.11XE1 + 0.07XE2 + 0.13XE3 + 0.14XE4 + 0.96XE5$$

$$0.11XF1 + 0.07XF2 + 0.13XF3 + 0.14XF4 + 0.96XF5$$

$$0.11XM1 + 0.07XM2 + 0.13XM3 + 0.14XM4 + 0.96XM5$$

$$0.11XA1 + 0.07XA2 + 0.13XA3 + 0.14XA4 + 0.96XA5$$

$$0.11XY1 + 0.07XY2 + 0.13XY3 + 0.14XY4 + 0.96XY5$$

$$0.11XJ1 + 0.07XJ2 + 0.13XJ3 + 0.14XJ4 + 0.96XJ5$$

$$0.11XL1 + 0.07XL2 + 0.13XL3 + 0.14XL4 + 0.96XL5$$

$$0.11XT1 + 0.07XT2 + 0.13XT3 + 0.14XT4 + 0.96XT5$$

$$0.11XS1 + 0.07XS2 + 0.13XS3 + 0.14XS4 + 0.96XS5$$

$$0.11XO1 + 0.07XO2 + 0.13XO3 + 0.14XO4 + 0.96XO5$$

$$0.11XN1 + 0.07XN2 + 0.13XN3 + 0.14XN4 + 0.96XN5$$

$$0.11XD1 + 0.07XD2 + 0.13XD3 + 0.14XD4 + 0.96XD5$$

Una vez formulada la función objetivo se somete a restricciones del problema lo cual limita la mejor solución que el modelo matemático de la programación lineal determinara como óptima para cumplir con la minimización de costos. En este sentido, las principales restricciones del sistema son la demanda de alimento del hato ganadero para el año de planificación y la capacidad productiva que puede ofrecer, además de la restricción de las variables no negativas. Para este caso, tenemos las restricciones del requerimiento del hato ganadero tal como sigue:

$$XE1 + XE2 + XE3 + XE4 + XE5 = 32,243$$

$$XF1 + XF2 + XF3 + XF4 + XF5 = 29,123$$

$$XM1 + XM2 + XM3 + XM4 + XM5 = 32,243$$

$$XA1 + XA2 + XA3 + XA4 + XA5 = 31,203$$

$$XY1 + XY2 + XY3 + XY4 + XY5 = 32,243$$

$$XJ1 + XJ2 + XJ3 + XJ4 + XJ5 = 31,203$$

$$XL1 + XL2 + XL3 + XL4 + XL5 = 32,243$$

$$XT1 + XT2 + XT3 + XT4 + XT5 = 32,243$$

$$XS1 + XS2 + XS3 + XS4 + XS5 = 31,203$$

$$XO1 + XO2 + XO3 + XO4 + XO5 = 32,243$$

$$XN1 + XN2 + XN3 + XN4 + XN5 = 31,203$$

$$XD1 + XD2 + XD3 + XD4 + XD5 = 32,243$$

Por otro lado, tenemos la restricción de la capacidad productiva del hato ganadero por cada tipo de forraje que maneja la organización, es así como tenemos lo siguiente:

$$XE1 + XF1 + XM1 + XA1 + XY1 + XJ1 + XL1 + XT1 + XS1 + XO1 + XN1 + XD1 = 131,040$$

$$XE2 + XF2 + XM2 + XA2 + XY2 + XJ2 + XL2 + XT2 + XS2 + XO2 + XN2 + XD2 = 97,200$$

$$XE3 + XF2 + XM3 + XA3 + XY3 + XJ3 + XL3 + XT3 + XS3 + XO3 + XN3 + XD3 = 40,500$$

$$XE4 + XF2 + XM4 + XA4 + XY4 + XJ4 + XL4 + XT4 + XS4 + XO4 + XN4 + XD4 = 81,000$$

$$XE5 + XF2 + XM5 + XA5 + XY5 + XJ5 + XL5 + XT5 + XS5 + XO5 + XN5 + XD5 = 29,897$$

Por último, se tiene la restricción donde las variables no pueden ser negativas ya que el modelo así lo demanda.

$$XE1 \geq 0; XE2 \geq 0; XE3 \geq 0; XE4 \geq 0; XE5 \geq 0$$

$$XF1 \geq 0; XF2 \geq 0; XF3 \geq 0; XF4 \geq 0; XF5 \geq 0$$

$$XM1 \geq 0; XM2 \geq 0; XM3 \geq 0; XM4 \geq 0; XM5 \geq 0$$

$$XA1 \geq 0; XA2 \geq 0; XA3 \geq 0; XA4 \geq 0; XA5 \geq 0$$

$$XY1 \geq 0; XY2 \geq 0; XY3 \geq 0; XY4 \geq 0; XY5 \geq 0$$

$$XJ1 \geq 0; XJ2 \geq 0; XJ3 \geq 0; XJ4 \geq 0; XJ5 \geq 0$$

$$XL1 \geq 0; XL2 \geq 0; XL3 \geq 0; XL4 \geq 0; XL5 \geq 0$$

$$XT1 \geq 0; XT2 \geq 0; XT3 \geq 0; XT4 \geq 0; XT5 \geq 0$$

$$XS1 \geq 0; XS2 \geq 0; XS3 \geq 0; XS4 \geq 0; XS5 \geq 0$$

$$XO1 \geq 0; XO2 \geq 0; XO3 \geq 0; XO4 \geq 0; XO5 \geq 0$$

$$XN1 \geq 0; XN2 \geq 0; XN3 \geq 0; XN4 \geq 0; XN5 \geq 0$$

$$XD1 \geq 0; XD2 \geq 0; XD3 \geq 0; XD4 \geq 0; XD5 \geq 0$$

Cuando se establece la función objetivo limitada por sus restricciones, se obtiene el modelo de programación lineal con el objetivo de minimizar costo para la presente investigación. Se sometió a un desarrollador de PL mediante Excel con la herramienta SOLVER, obteniendo el siguiente resultado óptimo para las cantidades a producir de los distintos tipos de forraje obteniendo una línea base organizada de producción y de cumplimiento de esta, en ese sentido se describe el siguiente resultado:

Tabla 39

Cantidades óptimas para producir mediante programación lineal

TIPO FORRAJE	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Raigrás + trébol	11,326	9,238	11,326	10,630	11,326	10,630	11,326	11,326	10,630	11,326	10,630	11,326
Alfalfa	8,301	7,269	8,301	7,957	8,301	7,957	8,301	8,301	7,957	8,301	7,957	8,301
Maíz	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616
Maíz alquiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Compra alimento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Teniendo en cuenta los costos de producción para el año de planificación se considera los costos unitarios de producción por tipo de forraje para sacar su presupuesto anual, así obtenemos el siguiente resultado en materia económica:

Tabla 40

Costos por Kg de producción para la programación lineal

TIPO FORRAJE	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Raigrás + trébol	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
Alfalfa	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
Maíz	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Maíz alquiler	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14	0.14
Compra alimento	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96	0.96

Se obtiene un costo anual de producción para los 5 tipos de forraje de 40,014 soles que la organización tiene que destinar anualmente para cumplir con los requerimientos alimenticios del hato ganadero y lograr la producción esperada de 20 litros por vaca.

Programación de la capacidad productiva forrajera

Una vez que la programación lineal ha determinado la cantidad más óptima a producir, dicha información se utiliza como entrada para armar el diagrama de Gantt de producción de forraje donde primero se determina la cantidad de hectáreas a ser sembradas tal como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 41

Determinación de hectáreas forrajeras a producir

Tipo forraje	Cantidad PL	Producción/Ha	Ha a producir
Raigrás + trébol	131,040	18,720	7
Alfalfa	97,200	48,600	2
Maíz	151,397	40,500	4
Maíz alquiler	0	40,500	0
Compra alimento	0	0	0

Cuando se ha determinado las hectáreas a producir, se desarrolla un diagrama de Gantt general de producción forrajera para llevar un control del proceso productivo e ir midiendo el avance de la siembra para su posterior cosecha, así como lo muestra la siguiente imagen:

Planificación de producción y materiales con MRP

Como herramienta complementaria a la programación lineal y diagrama de Gantt, se usa la planificación de requerimientos de material (MRP) para unir y organizar los datos de entrada de la PL con el plan de producción de forraje y planificar la adquisición de insumos para la siguiente campaña de producción forrajera. Para establecer un MRP es necesario organizar los datos que soportan el modelo que lo componen como la estructura de operaciones (ver anexo), maestro de materiales (ver anexo), BOM (ver anexo). Para dar forma al MRP utilizamos como datos de entrada las cantidades óptimas establecidas por la PL y el programa de producción como entradas previstas para el año de planificación. Es así como tenemos el siguiente cuadro donde muestra los requerimientos de alimento en base a la programación lineal que se convierte en el programa de producción anual.

Tabla 42

Programa de producción anual forraje

Descripción	Año 2023											
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Raigrás + trébol	11,326	9,238	11,326	10,630	11,326	10,630	11,326	11,326	10,630	11,326	10,630	11,326
Alfalfa	8,301	7,269	8,301	7,957	8,301	7,957	8,301	8,301	7,957	8,301	7,957	8,301
Maíz	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616
Maíz alquiler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pacas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total (Kg)	32,243	29,123	32,243	31,203	32,243	31,203	32,243	32,243	31,203	32,243	31,203	32,243

Teniendo el programa de producción anual determinada por la programación lineal se enlaza con el programa de producción forrajero como entrada prevista al modelo de MRP para observar el comportamiento productivo lo cual al terminar el periodo debe dar un balance 0 ya que tanto la PL como la planificación forrajera este sujeto a las restricciones de capacidad productiva y requerimiento del hato ganadero. Para este caso, elaboráramos el programa maestro de producción y control, acoplado para este modelo de negocio, con cada uno de los tipos de forraje producidos, lo cual se tiene como primer alimento al raigrás más trébol lo cual se tiene que inicia el ciclo de productivo en enero con una primera producción sin stock de seguridad, stock inicial, además se considera un lead time productivo de 2 meses y un tamaño de lote LFL; es así como, obtenemos los siguientes resultados:

Tabla 43

Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para raigrás más trébol

Período	Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Necesidades Brutas		11,326	9,238	11,326	10,630	11,326	10,630	11,326	11,326	10,630	11,326	10,630	11,326
Entradas Previstas		21,840		21,840		21,840		21,840		21,840		21,840	
Stock Final	0	10,514	1,276	11,790	1,160	11,674	1,044	11,558	232	11,442	116	11,326	0
Necesidades Netas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedidos Planeados		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzamiento de órdenes	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Para el caso de la alfalfa se trabaja sin un stock inicial y de seguridad con un lead time productivo de un mes y tamaño de lote LFL

Tabla 44

Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para alfalfa

Período	Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Necesidades Brutas		8,301	7,269	8,301	7,957	8,301	7,957	8,301	8,301	7,957	8,301	7,957	8,301
Entradas Previstas		8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100	8,100
Stock Final	0	-	831	631	774	573	717	516	315	459	258	401	201
Necesidades Netas		201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedidos Planeados		201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzamiento de ordenes		201	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

También se cuenta con la producción de maíz forrajero tanto en terreno propio como de alquiler considerando sin stock inicial y de seguridad con un lead time productivo de 5 meses más 1 mes de preparación de cosecha:

Tabla 45

Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para maíz

Período	Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Necesidades Brutas		12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616	12,616
Entradas Previstas		81,000						81,000					
Stock Final	0	68,384	55,767	43,151	30,535	17,918	5,302	73,685	61,069	48,453	35,836	23,220	10,604
Necesidades Netas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedidos Planeados		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzamiento de ordenes		-	-	-	-								

Tabla 46

Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para maíz alquiler

Período	Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Necesidades Brutas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entradas Previstas													
Stock Final	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Necesidades Netas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedidos Planeados		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzamiento de ordenes		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Por último, se obtiene la programación para la compra de alimento para cumplir con la demanda del hato, para la presente investigación se ha considerado comprar pacas de alfalfa provenientes de la zona costera con un coste mayor a lo producido en la zona de influencia de la ganadería. Para este caso se lanza las ordenes de aprovisionamiento y compra de pacas de alfalfa sin considerar stock inicial y de seguridad con un lead time de 2 meses para aprovisionar y se considera un tamaño de lote de 500 Kg, es así que tenemos el cuadro con el detalle siguiente donde no se puede observar cantidad requeridas ya que para el año 2023 no se necesita la compra de este tipo de forraje

Tabla 47

Cálculos y obtención de lanzamiento de órdenes para compra de pacas alfalfa

Período	Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Necesidades Brutas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entradas Previstas													
Stock Final	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Necesidades Netas		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pedidos Planeados		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzamiento de ordenes		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Para la adquisición de insumos para el proceso productivo de siembra de forrajes para la planificación anual, se establece el plan de necesidades de materiales MRP para los distintos materiales tales como semillas, fertilizantes, entre otros. Teniendo como ejemplo el plan de compras anticipadas para el siguiente periodo productivo del material semilla de raigrás expresa en número de sacos; además de considerar un stock, stock de seguridad, lead time y tamaño de lote como 0. Así, tenemos como lo muestra la tabla siguiente:

Tabla 48

Necesidad de insumos – Semilla raigrás

¿Quién lo requiere?	Kg / Kg Ms	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
SKU1: RAYGRAS + TEBOL	0.00187	40.83	-	40.83	-	40.83	-	40.83	-	40.83	-	40.83	-
TOTAL		40.83	0.00										

Tabla 49

cálculos y obtención de lanzamientos

Período	Inicial	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Necesidades Brutas		41	-	41	-	41	-	41	-	41	-	41	-
Entradas Previstas													
Stock Final	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Necesidades Netas		41	-	41	-	41	-	41	-	41	-	41	-
Pedidos Planeados		41	-	41	-	41	-	41	-	41	-	41	-
Lanzamiento de ordenes		41	-										

Como resultado de la planificación de los requerimientos de material se obtiene el detalle de compras con el objetivo de aprovisionarse de insumos necesarios para el inicio de operaciones de sembrío y posterior cosecha, así se obtiene el siguiente cuadro resumen:

Tabla 50

Programa de compras de insumos

PROGRAMA DE COMPRAS	UM	AÑO 2023											
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
MAT01: Semilla raigrás	kg	41	0	41	0	41	0	41	0	41	0	41	0
MAT02: Semilla trébol	kg	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0	6	0
MAT03: Semilla Alfalfa	kg	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
MAT04: Semilla Maíz	kg	128	0	0	0	0	0	128	0	0	0	0	0
MAT03: Cal agrícola	Saco	130	5	34	5	34	5	130	5	34	5	34	5
MAT03: Guano de Isla	Saco	14	2	14	2	14	2	14	2	14	2	14	2
MAT04: Urea	Saco	12	0	0	0	0	0	12	0	0	0	0	0
MAT05: Compuesto 20-20-20	Saco	16	0	0	0	0	0	16	0	0	0	0	0

Evaluación económica y financiera

Una plasmada la propuesta de mejora resulta de manera importante evaluar la viabilidad económica para determinar la rentabilidad del proyecto, es así como determinamos los costos, gastos e ingresos intervinientes en la presente investigación para encontrar el resultado de la evaluación; es por esto, que en primer lugar determinamos los costos de producción del hato ganadero en el cual tenemos costo de producción forrajero y costo de sanidad animal que son los considerados que intervienen directamente en la productividad lechera de la ganadería. A continuación, se muestra el detalle de los costos de producción del año de inicio de la propuesta de mejora y su proyección a 5 años al futuro:

Tabla 51

Costos de producción de forraje

Resumen de costos de producción forrajera	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Costos directos (S/)	42,433	69,154	61,056	61,919	61,426	131,539
Materiales directos (S/)	35,833	49,729	42,261	43,274	42,261	112,324
Mano de obra directa (S/)	6,600	19,425	18,795	18,645	19,165	19,215
Costos indirectos (S/)	1,250	1,250	1,785	1,750	1,803	1,806
Materiales indirectos (S/)						
Mano de obra indirecta (S/)						
otros costos indirectos (S/)	1,250	1,250	1,785	1,750	1,803	1,806
TOTAL	43,683	70,404	62,841	63,669	63,229	133,345

Así también, contamos con los costos asociados a mantener la salud ganadera del hato, parte importante ya que asegura un producto de calidad y una productora en óptimas condiciones tanto en producción lechera como para obtención de nuevos productores provenientes de su preñez. A continuación, los detalles de los costos de sanidad animal en el año de operaciones y proyectado a 5 años posteriores:

Tabla 52

Costos de producción asociados a sanidad animal

Resumen de costos de producción en manejo y sanidad	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
costos directos (S/)	36,525	36,525	37,550	37,925	38,800	42,225
materiales directos (S/)	8,925	8,925	9,950	10,325	11,200	14,625
mano de obra directa (S/)	27,600	27,600	27,600	27,600	27,600	27,600
costos indirectos (S/)	20,377	20,377	23,241	23,241	23,246	25,252
materiales indirectos (S/)	5,977	5,977	8,841	8,841	8,846	10,852
mano de obra indirecta (S/)	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400	14,400
otros costos indirectos (S/)						
TOTAL	56,901.90	56,901.90	60,791.00	61,166.00	62,046.20	67,477.10

Por otro lado, tenemos el resumen de los gastos asumidos en la administración del hato como son contador, luz, teléfono, y también los gastos asociados a la comercialización del producto lechero. A continuación, el detalle de los siguientes gastos:

Tabla 53

Gastos administrativos y de ventas

Tipo de gasto	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Gasto administrativo (S/)	32,400	32,400	32,400	32,400	32,400	32,400
Gasto de venta (S/)	26,224.03	26,224.03	29,844.92	29,799.28	31,833.06	42,790.65

La presente investigación considera que para soportar la carga alimenticia proveniente del crecimiento poblacional es necesario adquirir territorio para la producción de maíz forrajero por su fácil manejo productivo, ya que se siembra en época de lluvia y se cosecha en época de verano, es por ello que se ha cotizado la adquisición de 6 nuevas hectáreas en la zona de influencia valorizada en S/. 150,000. Dicha compra se financia en 30% con capital de los socios y el 70% financiado por el banco a una tasa efectiva anual del 14% a 5 años. A continuación, se presenta el detalle del análisis de la amortización del préstamo:

Tabla 54

Amortización del financiamiento a 5 años

	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cuota	S/ 28,781.63				
Amortización	S/ 15,884.77	S/ 18,108.64	S/ 20,643.85	S/ 23,533.99	S/ 26,828.75
Intereses	S/ 12,896.86	S/ 10,672.99	S/ 8,137.78	S/ 5,247.64	S/ 1,952.88

En el presente estudio se considera el cuadro de depresión de maquinaria, equipos, etc. en el tiempo proyectado de la operación, como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 55

Depreciación de maquinaria y equipo

CONCEPTO	Factor	Depreciación años					Valor residual
		Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027	
Activo no depreciado							
Terrenos (S/)	0	-	-	-	-	-	
Depreciación del activo fijo tangible (S)		12,811.66	12,811.66	12,811.66	12,811.66	12,811.66	74,058.28
Obras civiles (S/)	0.05	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	1,000.00	15,000.00
Maquinaria y equipo (S/)	0.1	11,811.66	11,811.66	11,811.66	11,811.66	11,811.66	59,058.28
Vehículos (S/)	0.1	-	-	-	-	-	-
Muebles y enseres (S/)	0.1	-	-	-	-	-	-
Amortizaciones intangibles (S)		1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	-
Inversión fija intangible (S/)	0.2	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	1,200.00	-
TOTAL		14,011.66	14,011.66	14,011.66	14,011.66	14,011.66	74,058.28

Por otro lado, obtenemos los ingresos del primer año de operación de la propuesta y su proyección en base al crecimiento poblacional tanto como la venta de leche como ingresos extraordinarios. A continuación, se muestra el detalle de los ingresos:

Tabla 56

Cálculo de ingresos proyectados

Concepto	Proyectado					
	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
Producción anual / Litros	187,314.50	187,314.50	213,178.00	212,852.00	227,379.00	305,647.50
Precio (S/.)	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40
Subtotal (S/.)	262,240.30	262,240.30	298,449.20	297,992.80	318,330.60	427,906.50
Ingresos extraordinarios (S/)	20,575.00	20,575.00	15,795.00	15,795.00	17,010.00	22,680.00
Total	282,815.30	282,815.30	314,244.20	313,787.80	335,340.60	450,586.50

Con los datos antes mostrados se realiza los análisis económicos como el estado de resultados. A continuación, se muestra el detalle con el estado de resultados:

Tabla 57

Estado de resultados

Concepto	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
I. INGRESOS (VENTAS) (S/)	282,815.30	314,244.20	313,787.80	335,340.60	450,586.50
Ventas (S/) (+)	262,240.30	298,449.20	297,992.80	318,330.60	427,906.50
Ingresos extraordinarios (S/) (+)	20,575.00	15,795.00	15,795.00	17,010.00	22,680.00
II. Costos de producción (S/) (-)	127,305.90	123,631.90	124,834.90	125,275.60	200,822.33
III. Utilidad bruta (S/) (=)	155,509.40	190,612.30	188,952.90	210,065.00	249,764.17
IV. Gastos de operación (S/)	58,624.03	62,244.92	62,199.28	64,233.06	75,190.65
Gastos de venta (S/) (-)	26,224.03	29,844.92	29,799.28	31,833.06	42,790.65
Gastos administrativos (S/) (-)	32,400.00	32,400.00	32,400.00	32,400.00	32,400.00
V. Intereses (S/) (-)	12,896.86	10,672.99	8,137.78	5,247.64	1,952.88
VI. Depreciación de A.F. y Amort. Intang (S/) (-)	14,011.66	14,011.66	14,011.66	14,011.66	14,011.66
VII. Utilidad antes de impuestos (S/) (=)	69,976.86	103,682.73	104,604.18	126,572.64	158,608.98
VIII. Impuesto a la Renta (S/) (-)	20,643.17	30,586.41	30,858.23	37,338.93	46,789.65
Utilidad neta (S/)	49,333.68	73,096.33	73,745.95	89,233.71	111,819.33

En el mismo sentido, se hace el análisis de flujo de caja de la presente investigación considerando la inversión para la adquisición de 6 hectáreas para producción de maíz forrajero.

Es así como, se muestra el detalle del flujo de caja siguiente:

Tabla 58

Flujo de caja económico y financiero

	Año base	Año 2023	Año 2024	Año 2025	Año 2026	Año 2027
I. INGRESOS (S/)		282,815.30	314,244.20	313,787.80	335,340.60	524,644.78
I.1. Ingresos por venta leche (S/)		262,240.30	298,449.20	297,992.80	318,330.60	427,906.50
I.2. Ingresos extraordinarios (S/)		20,575.00	15,795.00	15,795.00	17,010.00	22,680.00
I.3. Valor residual (S/)						74,058.28
II. EGRESOS (S/)	-	198,826.79	185,876.82	187,034.18	189,508.66	276,012.98
II.1. Costos de producción (S/)		127,305.90	123,631.90	124,834.90	125,275.60	200,822.33
II.2. Gastos de operación (S/)		58,624.03	62,244.92	62,199.28	64,233.06	75,190.65
II.4. Inversión fija año 0 (S/)	-					
Activo fijo (Compra terreno) (S/)	150,000					
Intereses (S/)		12,896.86	10,672.99	8,137.78	5,247.64	1,952.88
III. UTILIDAD ANTES DEL IMPUESTO (S/)		83,988.51	128,367.38	126,753.62	145,831.94	248,631.80
Impuesto a la renta (S/)		24,776.61	37,868.38	37,392.32	43,020.42	73,346.38
FLUJO DE CAJA ECONÓMICO (S/)	-	59,211.90	128,367.38	126,753.62	145,831.94	248,631.80
Préstamo (S/)	150,000					
Amortización de préstamo (S/)		-	-	-	-	-
FLUJO DE CAJA FINANCIERO (S/)	45,000.00	15,884.77	18,108.64	20,643.85	23,533.99	26,828.75
FLUJO NETO ACUMULADO (S/)		43,327.13	153,585.87	259,695.64	381,993.59	603,796.64

Por último, se procede a calcular las ratios financieras para lo cual se procede a calcular un TMAR mixta como el detalle siguiente:

Tabla 59

Cálculo de la TMAR mixta

	% Aporte	TASA	TMAR MIXTA
Institución financiera	70%	14%	9.80%
Inversionista	30%	16%	4.80%
Total	100%		14.60%

Entonces, se logra determinar los indicadores de viabilidad del proyecto tal como lo muestra la siguiente tabla:

Tabla 60

Indicadores financieros

VALOR PRESENTE NETO	S/ 341,011.99
TASA INTERNA DE RETORNO	156%
RELACIÓN BENEFICIO COSTO	S/ 1.21
PERIODO RECUPERACION INVERSION	1.02 AÑOS

III. RESULTADOS

Esta propuesta de mejora en el área de planificación de producción de forraje se realizó con la finalidad de organizar y estructurar la producción de alimentos para abastecer al hato ganadero, como resultado se realizó un diagnóstico mediante entrevista a distintos miembros del equipo de la empresa, además de identificar problemas que originan la baja productividad del hato lo cual se encontró que: hay una infraestructura inadecuada, uso ineficiente de maquinaria, no hay un organigrama establecido, personal con falta de capacitación, conocimiento empírico de manejo de hato, no hay planificación de producción de alimento, falta de data dinámica para la toma de decisiones, desaprovechamiento de capacidad, falta de alimento para el ganado y una deficiente genética animal; en este sentido, la causa que presenta mayor énfasis es la falta de alimento que viene cargada de una mala planificación de producción del mismo.

La identificación de los problemas y cada causa raíz permitió diagnosticar las principales problemas de la empresa y determinar la que tiene mayor incidencia en la productividad de la empresa 1, luego se hizo un análisis del mercado del sector de la empresa y se identificó la demanda potencial lo cual es desentendida por falta de producción lechera representando un costo de oportunidad para la organización 2, siguiente se hizo el análisis de la capacidad productiva presente y proyectada a 5 años sujeta al análisis de crecimiento poblacional del hato ganadero y asimismo se logró estructurar un procedimiento de trabajo con el cual se asegura el abastecimiento alimenticio 3, y por último se realizó el análisis económico financiero para ver la factibilidad de la propuesta.

Es así como, después de la aplicación de la propuesta de mejora se obtiene una productividad de 20 litros/(día*vaca) promedio comparado con la producción actual de 14 litros/(día*vaca)

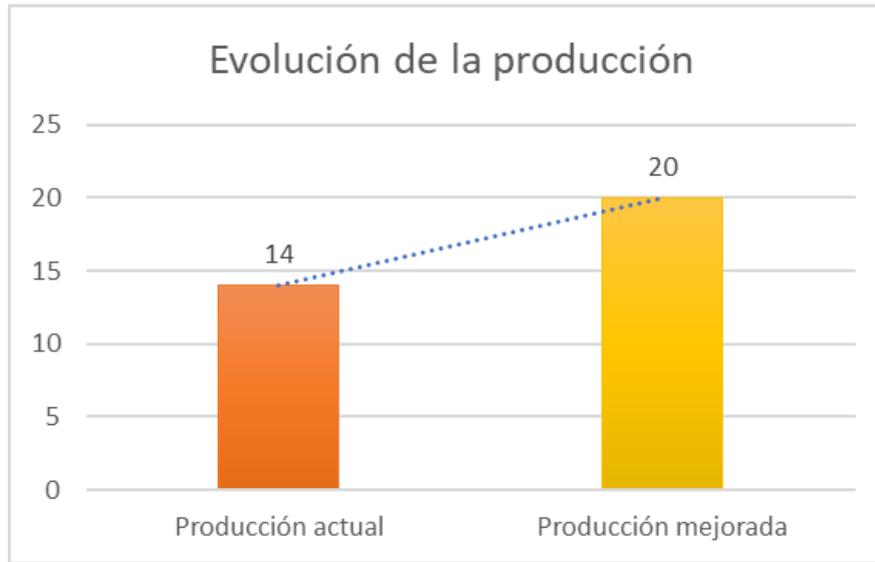


Figura 19 Evolución de la producción en litros después de propuesta de mejora

Se considera el aumento en el rendimiento productivo y se obtiene los siguientes resultados una vez aplicada la propuesta a los años proyectados de la presente investigación, es así como se detalle lo siguiente:

Tabla 61

Análisis del incremento productivo vs actual

Año	Demanda insatisfecha	Producción actual	Producción mejorada	% Atención demanda insatisfecha actual	% Atención demanda insatisfecha mejorada	% incremento
Año base 2022	1,127,850	128,480	187,315	11.39%	16.61%	5.22%
2023	1,277,500	128,480	187,315	10.06%	14.66%	4.61%
2024	1,427,150	147,807	213,178	10.36%	14.94%	4.58%
2025	1,576,800	147,481	212,852	9.35%	13.50%	4.15%
2026	1,726,450	157,649	227,379	9.13%	13.17%	4.04%
2027	1,876,100	211,948	305,648	11.30%	16.29%	4.99%

El siguiente grafico detalla de una manera visual el incremento y variación en porcentaje considerando una producción actual vs la aplicación de la propuesta que aumente la producción:

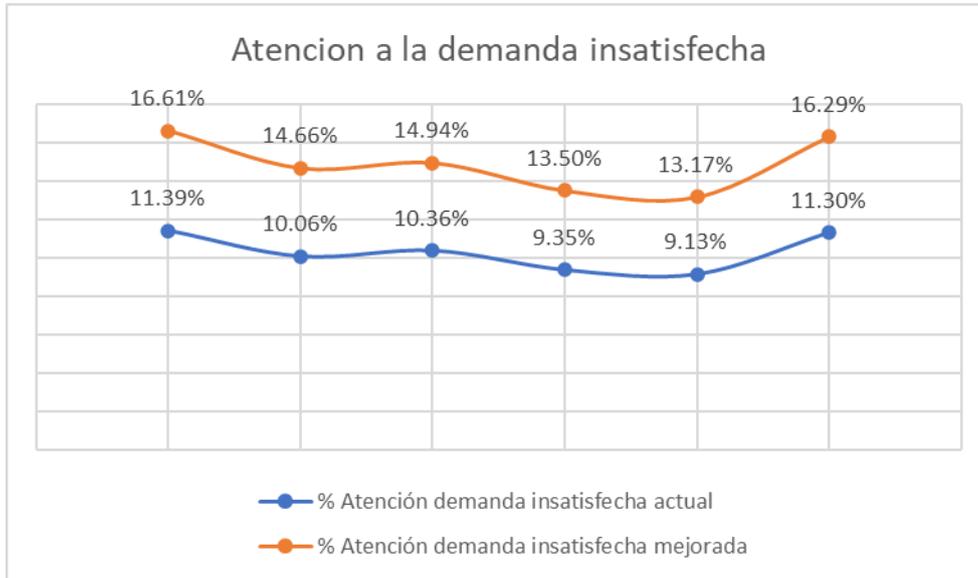


Figura 20 Atención a la demanda insatisfecha

De este modo, se determina el rendimiento en términos económicos de la propuesta de mejora comparada con la actual considerado un precio promedio de S/. 1.4 sol / litro vendido, lo cual es lo que se está pagando en la actualidad por el producto de calidad de la empresa; en este sentido, tenemos el detalle siguiente:

Tabla 62

Rentabilidad económica de la propuesta de mejora

Año	Produccion actual S/.	Produccion mejorada S/.	Incremento S/.
Año base 2022	S/ 179,872	S/ 262,240	S/ 82,368
2023	S/ 179,872	S/ 262,240	S/ 82,368
2024	S/ 206,929	S/ 298,449	S/ 91,520
2025	S/ 206,473	S/ 297,993	S/ 91,520
2026	S/ 220,709	S/ 318,331	S/ 97,621
2027	S/ 296,728	S/ 427,907	S/ 131,179

Por otro lado, el uso de la herramienta programación lineal se obtiene ahorros significativos anuales cuando la oferta supera a la demanda alimenticia, es así que para el año de inicio de operaciones se tiene un ahorro en costos de producción de acuerdo al siguiente detalle:

Tabla 63

Ahorro en CP con programación lineal

	Costo producción antes	Costo producción después	Ahorro
Año 2023	S/ 70,404	S/ 40,014	S/ 30,390



Figura 21 Ahorro en CP con programación lineal

Asimismo, con la aplicación de la herramienta planificación de requerimiento de materiales (MRP) se logra reorganizar y planificar el proceso productivo apoyado con el diagrama de Gantt para tener el control de la producción y medir el cumplimiento de esta para que lo planificado se pueda cumplir y de esta manera satisfacer la demanda alimenticia con el objetivo de lograr la meta propuesta de rendimiento por cabeza de ganado en producción; en este sentido, se logra ventajas cualitativas.

- Organizar mediante cronogramas la producción de forraje.
- Medir el cumplimiento del cronograma de producción.
- Planificar la adquisición de insumos anticipadamente para producción de forraje.

IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

1. Discusión

Durante el desarrollo de la presente investigación se ha encontrado que la productividad lechera inicial promedio del hato fue de 14 litros/(día*vaca), considerado bajo para la calidad de vacas, en este sentido se encontraron diferentes causas raíces, analizadas mediante el diagrama de Ishikawa y matriz de priorización, lo cual determinó que la causa más influyente, con un costo de oportunidad perdido de S/ 87,201.93 anual fue la falta de planificación para la producción de forraje y satisfacer la demanda alimenticia del hato. En este sentido, Castillo (2020) en su investigación “*Propuesta de mejora mediante el plan de requerimiento de materiales (mrp) para reducir los costos operacionales en una empresa de calzado*” se enfocó en dar solución a los altos costos operativos del área de producción determinando las causas que lo generan mediante la opinión de los trabajadores mediante una encuesta priorizando cuatro causas raíz a dar solución. Es así como, la presente investigación y la de Castillo se asemejan en las herramientas usadas para diagnosticar de la situación actual, pero se diferencian en la manera en cómo se prioriza la causa raíz a solucionar, ya que Castillo usó una encuesta y el presente estudio utilizó el costo de las causas como manera de priorizar la que más influye en el problema.

De igual modo, en la presente investigación se desarrolló la propuesta de mejora basada en la planificación de producción de alimento, lo cual tuvo en cuenta el crecimiento poblacional, oferta y demanda de forraje con el fin de determinar el balance alimenticio; por lo cual, se llevó a desarrollar un modelo matemático mediante programación lineal, ayudado de la herramienta solver de Excel, que permitió optimizar la cantidad de producción alimenticia con el que se redujo costos de producción en un 43.84%. En este sentido, Campos y Rolan (2017) en su estudio titulada “*Impacto de la*

Programación Lineal con el uso de solver en la optimización de las operaciones de carguío-acarreo de mineral en la mina lagunas norte, la libertad, 2017” cuyo objetivos de la tesis consisten en la aplicación de técnicas de programación lineal mediante SOLVER con el fin de reducir costos en el desempeño del ciclo de carguío-acarreo; en este sentido, los resultados es un ahorro operativo del orden de \$18,533.00 en los procesos de carguío-acarreo de mineral de la mina Lagunas Norte, lo cual constituye 12,35 % del costo del proceso. En comparativa, la tesis de Campos y la presente investigación logran ahorros significativos en costos, con el uso de la programación lineal mediante el complemento SOLVER, lo cual afirma su eficiencia en la solución de este tipo de problemas.

La mejora en la planificación de producción de forraje en la presente investigación consiguió como resultado el aumento en la productividad lechera pasando de 14 a 20 litros/(vaca*día) debido a que se cumplió con el requerimiento alimenticio del hato. En este sentido, se tiene la investigación de Araujo y Chávez (2017) titulada “Diseño y propuesta de implementación de una línea de producción de pancamel y bloques nutricionales para incrementar la producción de leche y carne del ganado criollo en el departamento de Cajamarca – distrito de La Encañada” donde se planeó diseñar y proponer la implementación de una línea de producción de Pancamel y bloques nutricionales para poder incrementar la producción de leche y carne del ganado criollo teniendo como resultado el aumento de la producción lechera de 5 a 9 litros por ordeño en ganado criollo. Por consiguiente, el estudio de araujo y la presente tesis tienen como mismo objetivo aumentar la productividad lechera pero la manera que lo consiguen es un tanto distinto, ya que Araujo considera la instalación de una planta de producción de alimento balanceado mientras que la presente investigación considera la producción de

alimento en materia seca proveniente de los campos de cultivo pasando por un proceso de ensilaje.

Se sabe que el negocio de la producción y venta de leche conlleva buenos márgenes de rentabilidad siempre y cuando los costos de producción de alimento se mantengan bajos; para ello, el proyecto determina la salud financiera de la propuesta considerando un análisis económico proyectado lo cual determina los valores de los indicadores financieros teniendo como resultado un VAN de S/ 386,011.99, TIR de 156% y una relación Beneficio/costo de S/ 1.21. Por el mismo lado, Chuquipoma (2021) en su estudio de la mejora de procesos de producción para el incremento de la productividad en una empresa que produce yogurt obtiene un TIR de 45% y un B/C de 1.84. En comparación, a nivel de indicadores financieros, hace notar que la producción de derivados lácteos como el yogurt tiene un mejor beneficio costo que la producción y venta en materia prima (leche)

En este sentido, Salazar (2017) en su estudio “Modelo de planificación de la producción para el proceso de montaje en industrias de manufacturas de calzado de cuero” busca diseñar un modelo de planificación adaptable a cualquier empresa dedicada a la elaboración de calzado. El estudio inicia con la identificación de las condiciones generales de los procesos del área en estudio y la baja productividad generada por el incorrecto uso de los recursos tangibles e intangibles, para lo cual se hace uso de la aplicación de la planificación agregada, plan maestro de producción, cálculo de la capacidad real de producción en base a la combinación de modelos y la definición de los tiempos de entrega en cada línea de fabricación. Mediante el desarrollo de la investigación se concluye que el modelo de planificación de la producción en montaje refleja un continuo crecimiento de la eficiencia y productividad teniendo un incremento en la productividad laboral del 25% y un incremento de 21% y 11% mensual en la línea

convencional y de inyección respectivamente. Tal como describe Salazar, en el presente estudio se tuvo en cuenta, el crecimiento poblacional, la capacidad real de producción forrajera, MRP, y además se agregó un modelo de programación lineal con el fin de adaptar un propio modelo de planificación de la producción de forraje al sector ganadero teniendo como resultado un aumento en la productividad lechera de 42 % y una reducción de costos de 43.16%. Entonces, se evidencia con claridad la importancia de la planificación de la producción en cualquiera que sea la empresa indistintamente del rubro.

2. Conclusiones

- El rol importante de la planificación de una empresa, cualquiera sea el área, cobra valor cuando esta se ve reflejada directamente en los resultados de esta y resalta su vital importancia para el funcionamiento organizado de la empresa. Es así; en la presente investigación, la planificación de producción de forraje influyó directamente en el incremento de la productividad lechera del hato ganadero, ya que con ello se puede organizar la producción con el fin de cumplir el requerimiento alimenticio del hato que tiene como resultado una mayor producción en leche.
- Se elaboró un diagnóstico de costo de oportunidad para la demanda lechera insatisfecha en la zona donde opera la ganadería donde se determinó que existe una brecha no atendida de 1,277,500 litros de leche para el primer año de operación del proyecto manteniendo una atención promedio a la demanda insatisfecha de 14.86% a cinco años proyectados.
- Se desarrolló una propuesta de mejora en el área de planificación de la producción de forraje aplicando herramientas de ingeniería industrial como programación lineal y planeamiento de requerimientos de materiales (MRP) obteniendo un beneficio anual de S/. 30,390.

- La propuesta de mejora en el área de planificación de producción forrajera tiene un impacto positivo en el costo de oportunidad de la demanda insatisfecha lechera de la zona de influencia del hato ganadero incrementando en un 5.22% la atención a la demanda insatisfecha, pasando de un 11.39% a 16.61% del nivel de atención, y en términos monetarios obteniendo S/. S/ 82,368 soles anuales más de ingresos respecto a la realidad encontrada en el primer año de ejecución de la propuesta. Asimismo, mantiene los niveles del crecimiento para los años posteriores proyectados.
- Se evaluó económica y financieramente la implementación de la propuesta a través de indicadores económicos obteniendo un VAN igual S/. S/ 341,011.99, TIR igual a 156%, un beneficio costo (B/C) de S/. 1.21 y un periodo de recuperación de la inversión de 1.02 años.

3. Recomendaciones y limitaciones

- Monitorear la demanda lechera insatisfecha como investigación de mercado y la atención a la misma, además de expandir sus operaciones a la elaboración de productos derivados de la leche donde se pueda obtener mayor margen de utilidad.
- Adoptar el modelo propuesto con la finalidad de estructurar el procedimiento de planificación de forraje y en consecuencia la minimización de costos.
- Se recomienda adquirir un ERP con el fin de integrar las áreas e interrelacionar los costos asociadas para la obtención de data para el análisis en tiempo real de las operaciones de la organización.
- Utilizar el 100% de la capacidad en maquinaria ya sea en las operaciones de la empresa o en servicios para terceros.

- Fomentar y mantener el compromiso y participación tanto de los trabajadores de las áreas seleccionadas como el de la alta gerencia, para poder lograr los objetivos propuestos y que la empresa obtenga los beneficios esperados.
- Implementar una area de investigación y desarrollo para la empresa con el objetivo de detectar nuevas oportunidades de mejora en producción de forraje, mejoramiento genético y descubrimiento de nuevos negocios provenientes de la rama principal como modelo de una economía circular.
- Usar energías renovables y la obtención propia de las mismas.

REFERENCIAS

- Alvarado, J. (1 de Noviembre de 2008). *La programación lineal aplicación de las pequeñas empresas y medianas empresas*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/comocitar.oa?id=72912559007>
- Araujo, D., & Chávez, D. (2017). *Diseño y propuesta de implementación de una línea de producción de pancamel y bloques nutricionales para incrementar la producción de leche y carne del ganado criollo en el departamento de Cajamarca-Distrito de la Encañada*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11537/12332>
- Campos, M., & Rolan, R. (2017). *Impacto de la Programación Lineal con el uso de Solver en la optimización de las operaciones de carguío-acarreo de mineral en la mina Lagunas Norte, La Libertad, 2017*. Cajamarca.
- Carro, R., & Gonzáles, D. (2012). *Productividad y competitividad*. Obtenido de http://nulan.mdp.edu.ar/1607/1/02_productividad_competitividad.pdf
- Castillo, D. (2020). *Propuesta de mejora mediante el plan de requerimiento de materiales (MRP) para reducir los costos operacionales en una empresa de calzado*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/24287>
- Céspedes, N. (2005). *Programación lineal: Su aplicación a los procesos agropecuarios*. Obtenido de <https://elibro.bibliotecaupn.elogim.com/es/ereader/upnorte/36253>
- Chuquipoma, E. (2021). *Diseño de mejora de los procesos de producción para incrementar la productividad de la empresa agroindustria ZINGG E.I.R.L.* Obtenido de <https://hdl.handle.net/11537/27600>
- Companys, P., & Fonollosa, J. (1989). *Nuevas técnicas de gestión de stocks: MRP y JIT*. Barcelona: Marcombo.

- Corredor, C. (2021). *Diseño de una propuesta de mejoramiento de la planeación agregada de una empresa del sector lácteo mediante un modelo de programación lineal*. Bogotá.
- Dioses, K. (2020). *Propuesta de implementación de un sistema de Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP) en el área de almacén para reducir los costos de inventario de la empresa Petrex S.A., Talara 2019*. Piura.
- Escobosa, A. (2011). *Producción de leche con ganado Bovino*. Mexico.
- FAO. (2022). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. Obtenido de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: <https://www.fao.org/dairy-production-products/production/es/>
- Fierro, C. (2017). *Modelo de Programación Lineal para un Sistema de Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP) en la Empresa de Calzado de Seguridad Industrial Marcia*. Ambato.
- Gestión. (30 de Junio de 2017). *Industria láctea dejaría de producir 900,000 latas de leche al día*. Obtenido de Diario Gestión: <https://gestion.pe/economia/industria-lactea-dejaria-producir-900-000-latas-leche-dia-138372-noticia/?ref=gesr>
- Midagri. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo Ganadero 2017 - 2027*. Lima.
- Moe, P., & Tyrrell, H. (1975). *Efficiency of Conversion of Digested Energy to Milk*. Beltsville.
- Nestlé. (2017). *La Ruta de la Leche*. Lima.
- OECD/FAO. (2020). *Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. Obtenido de <https://doi.org/10.1787/a0848ac0-es>
- Paredes, J. (2001). *Planificación y control de la producción*. Obtenido de uk/download/pdf/35230680.pdf
- Rivera, J., Ortega, E., & Pereyra, J. (Diciembre de 2014). *Diseño e implementación del sistema MRP en las pymes*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/816/81640856006.pdf>

Saavedra, R., Castro, L., Restrepo, O., & Rojas, A. (Julio de 2001). *Planificación del desarrollo*. Obtenido de

https://expeditiorepositorio.utadeo.edu.co/bitstream/handle/20.500.12010/1942/pdf-_planificacion_del_desarrollo_-_pag.-web-11-15.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salazar, E. (Enero de 2017). Modelo de planificación de la producción para el proceso de montaje en industrias de manufacturas de calzado de cuero. Ambato, Ecuador.

Taha, H. (2004). *Investigación de operaciones, 7a. edición*. Mexico: PEARSON EDUCACIÓN.

Winston, W. (2004). *Investigación de operaciones: aplicaciones y algoritmos, 4º, Ed. Books cole*.

ANEXOS

Anexo 1: Ficha de entrevista para trabajadores

FICHA DE ENTREVISTA PARA TRABAJADORES

EMPRESA: SECTOR GANADERO

FECHA: 04/08/2022

CARGO: GERENTE GENERAL

1. ¿Cómo crees que la empresa se está desarrollando?
2. ¿Qué expectativas tienes para la empresa en los próximos años?
3. ¿Cuál crees que sea el problema más grave de la empresa?
4. ¿Cuáles son los objetivos que tiene la empresa a largo plazo?
5. ¿Cómo ve el sector ganadero respecto a la demanda lechera?

CARGO: ANALISTA DE PLANIFICACION FORRAJERA

1. ¿Cuáles considera usted los principales problemas dentro de la empresa?
2. ¿Consideras que la falta de alimento influye directamente en la producción lechera?
3. ¿Cómo es la relación con sus trabajadores?
4. ¿Cómo ve usted su área de trabajo?
5. ¿Cuáles son las alternativas de mejora?
6. ¿Con qué riesgos cuenta la empresa?

CARGO: OPERARIO DE LA GANADERIA

1. ¿Qué dificultades se presentan en su área?
2. ¿Qué les falta a las cabezas del hato ganadero?
3. ¿Cuánta producción promedio tiene el ganado?
4. ¿En qué área debería mejorar la empresa?

Anexo 2: Inventario de vacas del hato ganadero y producción promedio por vaca

TIPO	Código	Edad	Nombre	Género	PProm/Día
Rural	1	7A, 1M, 20D	SARA	Hembra	12
Rural	11	6A, 1M, 19D	NENA	Hembra	13
Rural	3	5A, 1M, 19D	AMIGA	Hembra	12
Rural	7	5A, 1M, 19D	CAMPESINA	Hembra	14
Rural	8	5A, 1M, 19D	CIELO	Hembra	14
Rural	13	5A, 1M, 19D	LILA	Hembra	10
Rural	4	5A, 1M, 19D	LUZ	Hembra	11
Rural	17	5A, 1M, 19D	PEQUEÑA	Hembra	14
Rural	6	5A, 1M, 19D	VALENTINA	Hembra	14
Rural	18	5A, 1M, 17D	LUNA	Hembra	12
Rural	20	3A, 7M, 11D	FRANCA	Hembra	12
Rural	15	3A, 11M, 0D	LUCERA	Hembra	12
Mejorada	L14394	2A, 8M, 1D	Marie	Hembra	18
Mejorada	L14412	2A, 7M, 22D	Valentina	Hembra	16
Mejorada	L14470	2A, 6M, 21D	Rachel	Hembra	17
Rural	24	2A, 2M, 5D	SARITA	Hembra	12
Rural	23	2A, 1M, 27D	Estrella	Hembra	12
Rural	28	2A, 0M, 5D	YULI	Hembra	14
Rural	26	2A, 0M, 24D	PERA	Hembra	15
Rural	27	2A, 0M, 20D	Mary	Hembra	12
Rural	36	5A, 1M, 19D	Mariana	Hembra	12
Rural	25	5A, 1M, 19D	Sol	Hembra	12
Rural	27	5A, 1M, 19D	Luna	Hembra	12
Rural	28	5A, 1M, 19D	Lunera	Hembra	13
Rural	56	5A, 1M, 19D	Estrella	Hembra	12
Mejorada	L14395	2A, 8M, 15D	Fabia	Hembra	16
Mejorada	L14413	2A, 8M, 22D	Molinera	Hembra	18
Mejorada	L14471	2A, 9M, 21D	Raquel	Hembra	16
Rural	34	5A, 1M, 19D	Lluvia	Hembra	12
Mejorada	L14396	2A, 3M, 1D	Primavera	Hembra	16
Mejorada	L14414	2A, 7M, 22D	Mariposa	Hembra	15
Mejorada	L14472	2A, 1M, 21D	Tunela	Hembra	16
Mejorada	L14473	2A, 11M, 21D	Maizena	Hembra	17
Rural	45	2A, 6M, 21D	Roja	Hembra	12
Rural	67	2A, 2M, 5D	Niebla	Hembra	12
Rural	98	2A, 1M, 27D	Luz	Hembra	13
Rural	45	2A, 0M, 5D	Arboleda	Hembra	12
Rural	29	2A, 0M, 24D	Karlet	Hembra	11

Anexo 3: Registro de días de baja productiva por enfermedad de animal

Código	Edad	Nombre	Género	Días baja / año
1	7A, 1M, 20D	SARA	Hembra	16
11	6A, 1M, 19D	NENA	Hembra	19
3	5A, 1M, 19D	AMIGA	Hembra	15
7	5A, 1M, 19D	CAMPESINA	Hembra	8
8	5A, 1M, 19D	CIELO	Hembra	14
13	5A, 1M, 19D	LILA	Hembra	16
4	5A, 1M, 19D	LUZ	Hembra	9
17	5A, 1M, 19D	PEQUEÑA	Hembra	19
6	5A, 1M, 19D	VALENTINA	Hembra	12
18	5A, 1M, 17D	LUNA	Hembra	14
20	3A, 7M, 11D	FRANCA	Hembra	18
15	3A, 11M, 0D	LUCERA	Hembra	9
L14394	2A, 8M, 1D	Marie	Hembra	18
L14412	2A, 7M, 22D	Valentina	Hembra	9
L14470	2A, 6M, 21D	Rachel	Hembra	9
24	2A, 2M, 5D	SARITA	Hembra	16
23	2A, 1M, 27D	Estrella	Hembra	13
28	2A, 0M, 5D	YULI	Hembra	14
26	2A, 0M, 24D	PERA	Hembra	15
27	2A, 0M, 20D	Mary	Hembra	14
36	5A, 1M, 19D	Mariana	Hembra	14
25	5A, 1M, 19D	Sol	Hembra	18
27	5A, 1M, 19D	Luna	Hembra	16
28	5A, 1M, 19D	Lunera	Hembra	20
56	5A, 1M, 19D	Estrella	Hembra	14
L14395	2A, 8M, 15D	Fabia	Hembra	16
L14413	2A, 8M, 22D	Molinera	Hembra	11
L14471	2A, 9M, 21D	Raquel	Hembra	8
34	5A, 1M, 19D	Lluvia	Hembra	16
L14396	2A, 3M, 1D	Primavera	Hembra	13
L14414	2A, 7M, 22D	Mariposa	Hembra	11
L14472	2A, 1M, 21D	Tunela	Hembra	17
L14473	2A, 11M, 21D	Maizena	Hembra	13
45	2A, 6M, 21D	Roja	Hembra	14
67	2A, 2M, 5D	Niebla	Hembra	19
98	2A, 1M, 27D	Luz	Hembra	18
45	2A, 0M, 5D	Arboleda	Hembra	11
29	2A, 0M, 24D	Karlet	Hembra	12

Anexo 4: Registro de inseminaciones por vaca y días perdidos de producción

Código	Edad	Nombre	Género	Enseminazion	Dias perdidos
1	7A, 1M, 20D	SARA	Hembra	3	42
11	6A, 1M, 19D	NENA	Hembra	2	21
3	5A, 1M, 19D	AMIGA	Hembra	1	0
7	5A, 1M, 19D	CAMPESINA	Hembra	1	0
8	5A, 1M, 19D	CIELO	Hembra	1	0
13	5A, 1M, 19D	LILA	Hembra	2	21
4	5A, 1M, 19D	LUZ	Hembra	2	21
17	5A, 1M, 19D	PEQUEÑA	Hembra	3	42
6	5A, 1M, 19D	VALENTINA	Hembra	1	0
18	5A, 1M, 17D	LUNA	Hembra	2	21
20	3A, 7M, 11D	FRANCA	Hembra	1	0
15	3A, 11M, 0D	LUCERA	Hembra	2	21
L14394	2A, 8M, 1D	Marie	Hembra	2	21
L14412	2A, 7M, 22D	Valentina	Hembra	2	21
L14470	2A, 6M, 21D	Rachel	Hembra	1	0
24	2A, 2M, 5D	SARITA	Hembra	4	63
23	2A, 1M, 27D	Estrella	Hembra	1	0
28	2A, 0M, 5D	YULI	Hembra	2	21
26	2A, 0M, 24D	PERA	Hembra	1	0
27	2A, 0M, 20D	Mary	Hembra	2	21
36	5A, 1M, 19D	Mariana	Hembra	2	21
25	5A, 1M, 19D	Sol	Hembra	1	0
27	5A, 1M, 19D	Luna	Hembra	2	21
28	5A, 1M, 19D	Lunera	Hembra	2	21
56	5A, 1M, 19D	Estrella	Hembra	1	0
L14395	2A, 8M, 15D	Fabia	Hembra	1	0
L14413	2A, 8M, 22D	Molinera	Hembra	3	42
L14471	2A, 9M, 21D	Raquel	Hembra	1	0
34	5A, 1M, 19D	Lluvia	Hembra	3	42
L14396	2A, 3M, 1D	Primavera	Hembra	2	21
L14414	2A, 7M, 22D	Mariposa	Hembra	2	21
L14472	2A, 1M, 21D	Tunela	Hembra	3	42
L14473	2A, 11M, 21D	Maizena	Hembra	2	21
45	2A, 6M, 21D	Roja	Hembra	3	42
67	2A, 2M, 5D	Niebla	Hembra	2	21
98	2A, 1M, 27D	Luz	Hembra	1	0
45	2A, 0M, 5D	Arboleda	Hembra	2	21
29	2A, 0M, 24D	Karlet	Hembra	2	21

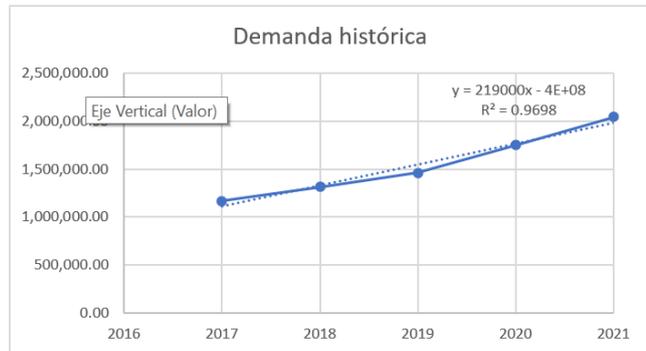
Anexo 5: Modelo de regresión lineal para determinar la demanda futura

AÑO	Demanda histórica
2017	1,168,000.00
2018	1,314,000.00
2019	1,460,000.00
2020	1,752,000.00
2021	2,044,000.00

Regresión lineal $Y = ax + b$

a	219,000
b	-440,613,400

AÑO	Demanda proyectada
2022	2,204,600
2023	2,423,600
2024	2,642,600
2025	2,861,600
2026	3,080,600
2027	3,299,600



Anexo 6: Modelo de regresión lineal para determinar la oferta futura

AÑO	Oferta de leche/ Litro /dia	Oferta anual historica
2017	2,000	730,000
2018	2,100	766,500
2019	2,500	912,500
2020	2,600	949,000
2021	2,700	985,500

PROYECCIÓN DE LA OFERTA

Regresión lineal $y = ax + b$

a =	69,350
b =	-139,148,950

AÑO	Oferta proyectada	
2022	1,076,750	6.44%
2023	1,146,100	6.05%
2024	1,215,450	5.71%
2025	1,284,800	5.40%
2026	1,354,150	5.12%
2027	1,423,500	

