

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial



“PROPUESTA DE MEJORA EN LA GESTIÓN DE PRODUCCIÓN, LOGÍSTICA Y CALIDAD PARA INCREMENTAR LA RENTABILIDAD DEL PROCESAMIENTO DE ESPARRAGO FRESCO DE UNA AGROINDUSTRIA, 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autores:

Bach. Oscar Hermandó Castillo Peñarán

Bach. Willy Bryan Ybañez Santos

Asesor:

Dr. Miguel Angel Rodríguez Alza

Trujillo - Perú

2020

DEDICATORIA

Dedicado en primer lugar a Dios
Óscar Castillo

La presente tesis se la dedico a Dios que desde el cielo siempre me cuida e ilumina mi
camino.

Willy Ybañez

AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento al Dr. Miguel Angel Rodríguez

Alza por su asesoramiento en la ejecución del proyecto.

A la plana docente de la Universidad Privada del Norte que gracias a

sus enseñanzas hicieron posible nuestra formación profesional.

Oscar/Willy

TABLA DE CONTENIDOS

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTO	2
ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS	8
ÍNDICE DE ECUACIONES	10
ÍNDICE DE ANEXOS	11
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	14
1.1. Realidad Problemática.....	14
1.2. Antecedentes de la Investigación	21
1.2.1. Antecedente internacional.....	21
1.2.2. Antecedente Nacional	21
1.2.3. Antecedente Local.....	22
1.3. Bases Teóricas.....	24
1.3.1. Pronósticos	24
1.3.2. Solver	27
1.3.3. Estudio de tiempos.....	27
1.3.4. Balance de Línea.....	28
1.3.5. Control interno	29
1.3.6. Capacitación.....	31
1.4. Definición de Términos.....	31
1.5. Formulación del Problema	32
1.6. Objetivos	32
1.6.1. Objetivo General	32

1.6.2.	Objetivos Específicos.....	33
1.7.	Hipótesis.....	33
1.8.	Variables.....	33
1.8.1.	Variable independiente	33
1.8.2.	Variable dependiente.....	33
1.9.	Operacionalización de Variables.....	34
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA		35
2.1.	Tipo de Investigación	35
2.2.	Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	35
2.3.	Técnicas e instrumentos de recolección y Análisis de Datos.....	36
2.4.	Procedimiento.....	38
2.5.	Descripción General de la empresa.....	38
2.5.1.	Misión y Visión.....	40
2.5.2.	Organigrama.....	40
2.5.3.	Distribución de la Empresa	41
2.5.4.	Principales productos	42
2.5.5.	Ubicación de Principales Clientes.....	44
2.5.6.	FODA.....	44
2.5.7.	Cadena de Valor	45
2.5.8.	Mapa de Procesos.....	46
2.5.9.	Diagrama de Proceso productivo de la Empresa	47
2.6.	Diagnóstico de problemáticas principales.....	49
2.6.1.	Diagrama de Ishikawa.....	49
2.6.2.	Matriz de Priorización de las Causas Raíz.....	50
2.6.3.	Matriz de Indicadores.....	52

2.6.4. Evaluación Económica y Financiera.....	91
CAPÍTULO 3. RESULTADOS.....	93
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	97
4.1. Discusión.....	97
4.2. Conclusiones	99
REFERENCIAS	101
ANEXOS.....	103

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos	35
Tabla 2. Instrumentos y métodos de procesamiento de datos	36
Tabla 3. FODA de la Empresa.....	44
Tabla 4. Priorización Costos de causa raíz	50
Tabla 5. Matriz de indicadores	52
Tabla 7. Resultado de muestreo de % de aprovechamiento por fundo.....	56
Tabla 8. Ingresos de espárragos a la agroindustria, costo y aprovechamiento	58
Tabla 9. % Aprovechamiento mensual espárrago	60
Tabla 10. Monetización de pérdidas.....	61
Tabla 11. Índice de producción proceso mecanizado.....	62
Tabla 12. Balance de línea proceso mecanizado	63
Tabla 13. Índice de producción proceso mecanizado.....	63
Tabla 14. Balance de línea del proceso manual.....	64
Tabla 15. Interacción de las tareas de la supervisión	66
Tabla 16. Resultado del Solver de compra a fundos	71
Tabla 17. Ingresos de esparrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2016	72
Tabla 18. Ingresos de esparrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2017	73
Tabla 19. Ingresos de esparrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2018	74
Tabla 20. Ingresos de esparrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2019	75
Tabla 21. Índice de estacionalidad	76
Tabla 22. Pronóstico por regresión lineal 2020.....	78
Tabla 23. Pronóstico estacional 2020	82

Tabla 24. Cantidad de espárragos en chacra, necesaria para cumplir con pedidos de exportación	86
Tabla 25. Validación del pronóstico estacional 2019 sobre las ventas	88
Tabla 26. Proyección del uso de mano de obra según pronóstico 2019	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principales países productores de espárrago	14
Figura 2. Principales departamentos productores de espárrago en Perú	15
Figura 3. Presentaciones de la producción para exportación.....	15
Figura 4. Exportación de espárragos frescos 2018-2019 en miles US\$	18
Figura 5. Horizonte de planeación de 3 a 18 meses	25
Figura 7. Etapas para la supervisión	30
Figura 8. Operacionalización de variables	34
Figura 9. Procedimiento de trabajo.....	38
Figura 10. Organigrama de la empresa.....	40
Figura 11. Layout actual.....	41
Figura 12. Cadena de valor.....	45
Figura 13. Mapa de procesos	46
Figura 14. DAP proceso mecanizado actual.....	47
Figura 15. DAP proceso manual actual	48
Figura 16. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la agroindustria	49
Figura 17. Pareto de causas raíz	51
Figura 18. Resumen de estudio de tiempos al proceso mecanizado.....	54
Figura 19. Matriz de Vester	66
Figura 20. Análisis causa-efecto del descarte erróneo	67
Figura 21. Solver optimización compra a fondos.....	70
Figura 22. Regresión lineal de pedidos 2016-2018	77
Figura 23. Inversión.....	91
Figura 24. Flujo de caja proyectado	92

Figura 25. Resultado del ejercicio	94
Figura 26. Rentabilidad sobre las ventas	94
Figura 27. Pérdida por Causa Raíz 1: Línea desajustada	95
Figura 28. Pérdidas por Causa Raíz 3: Falta supervisión	95
Figura 29. Pérdidas por Causa Raíz 4: Deficiente Selección de Fondos.....	96
Figura 30. Pérdidas por Causa Raíz 5: Pronósticos deficientes	96

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Tiempo observado promedio	28
Ecuación 2. Tiempo normal.....	28
Ecuación 3. Tiempo estándar	28

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de % de aprovechamiento de espárragos por fundo	103
Anexo 2. Estudio de tiempos del proceso mecanizado	104

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y calidad sobre la rentabilidad del proceso de espárrago fresco en una agroindustria, 2020.

Se realizó un análisis de la situación actual de la empresa, diagnosticándose deficiencias en la gestión de producción, calidad y logística. Se identificaron las causas raíz que impactan negativamente en la rentabilidad de la empresa: línea desajustada, falta capacitación, falta supervisión, deficiente selección de fondos y pronósticos deficientes. Por esta problemática, la empresa tuvo una pérdida anual de S/ 102,421,410.

La propuesta de mejora consiste en la implementación de herramientas y métodos de la ingeniería industrial, estas son. balance de línea, Ishikawa, matriz Vester, supervisión, Solver y pronósticos. En conjunto, permiten un beneficio económico de S/ 538,166.

El análisis económico financiero de la propuesta determinó que es una propuesta viable, considerando un VAN de S/ 60,008, una Tasa Interna de Retorno de 60.6%, y una B/C de 3.26.

Palabras clave: producción, calidad, logística, rentabilidad, agroindustria, espárrago fresco

ABSTRACT

The present thesis aims to determine the impact of the proposed improvement in production, logistics and quality management on the profitability of the fresh asparagus process in an agribusiness, 2020.

An analysis of the current situation of the company was carried out, diagnosing deficiencies in production, quality and logistics management. The root causes that negatively impact the profitability of the company were identified: mismatched line, lack of training, lack of supervision, poor selection of farms and bad forecasts. Due to this problem, the company had an annual loss of S / 102,421,410.

The improvement proposal consists of the implementation of industrial engineering tools and methods, these are. Line Balance, Ishikawa, Vester Matrix, Supervision, Solver and Forecasts. Together, they allow an economic benefit of S / 538,166.

The financial and economic analysis of the proposal determined that it is a viable proposal, considering a NPV of S / 60,008, an Internal Rate of Return of 60.6% and a B / C of 3.26.

Key words: production, quality, logistics, profitability, agribusiness, fresh asparagus

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

Según Koo (2020), las exportaciones peruanas de espárragos bordearían los US\$ 510 millones en el 2019, menores en 3% respecto al 2018. Esta proyección tiene como supuesto una caída en los embarques de espárragos frescos debido a menores rendimientos como consecuencia de la antigüedad de las plantaciones, así como por las temperaturas más elevadas durante el primer trimestre del 2019 asociado a un Fenómeno El Niño (FEN) de intensidad débil.

No obstante, las ventas de espárragos congelados aumentarían, puesto que ante los bajos precios registrados al inicio del año, los productores estarían apostando por esta variedad con el fin de exportar cuando el precio se recupere.

Perú es el segundo productor de espárragos a nivel mundial (4% del total) superado sólo por China (89% del total, aunque dirigido principalmente al consumo interno) y por delante de México (3%), Alemania (1%) y España (1%), según estadísticas de la FAO.

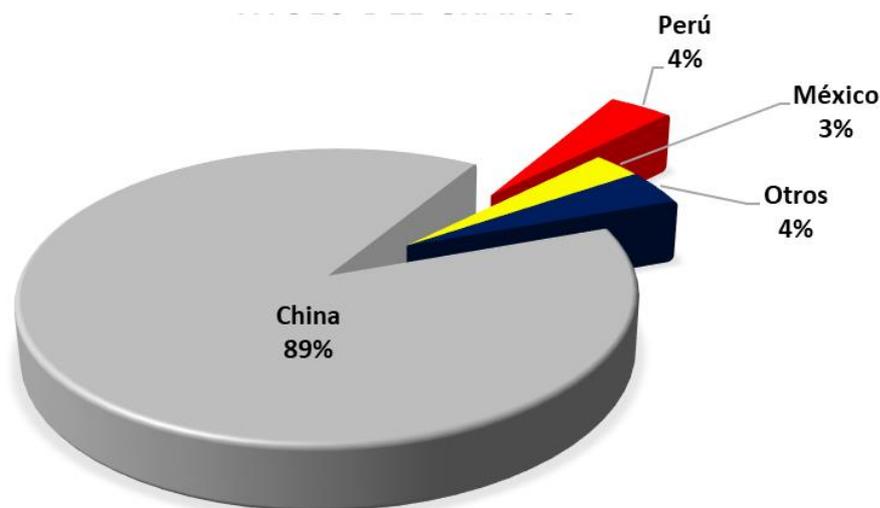


Figura 1. Principales países productores de espárrago

Fuente: Diario Gestión

Las principales zonas productoras durante el 2018 fueron Ica (53% del total nacional) y La Libertad (37%). También se produce en Lima (Barranca), Ancash (Casma) y Lambayeque, según cifras del Ministerio de Agricultura y Riesgo (Minagri).

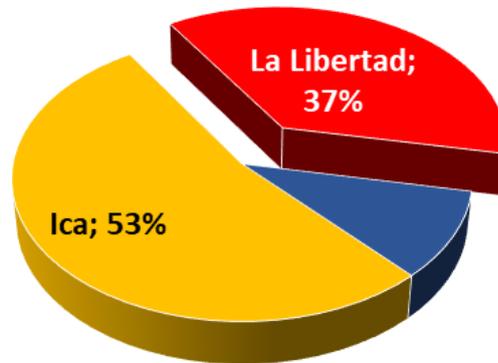


Figura 2. Principales departamentos productores de espárrago en Perú

Fuente: Diario Gestión

Las exportaciones de espárragos ascendieron a US\$ 527 millones durante el 2018, mostrando una caída de 1.5% respecto al 2017, según cifras de Adex Data Trade. El Perú exporta espárragos en tres presentaciones: frescos (76% del total), conservas (18%) y congelados (6%).

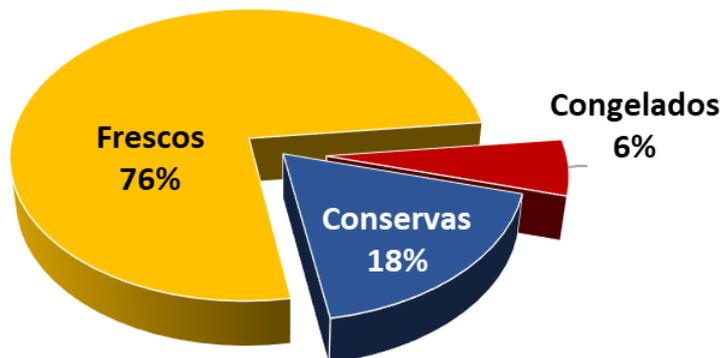


Figura 3. Presentaciones de la producción para exportación

Fuente: Diario Gestión

En general, las menores exportaciones del 2018 fueron producto de la caída de los precios del espárrago, en especial del producto fresco, lo que fue parcialmente contrarrestado por el mayor volumen exportado.

Esto último se debió principalmente a que en los últimos años las plantaciones han estado estancadas debido a los rendimientos decrecientes y a su reemplazo por nuevos cultivos como palta, uva y arándanos.

Perú es el segundo exportador mundial de espárragos frescos con 30% del volumen total exportado en el 2018, superado solo por México con 39%, según Trademap. En el 2017 Perú exportó la menor cantidad de espárrago fresco desde el 2008, con 113,078 TM.

Según la agencia peruana de noticias, en su portal andina.pe, en el 2019, más del 90% de las exportaciones peruanas de espárrago fresco se concentró en cuatro destinos: Estados Unidos, España, los Países Bajos y el Reino Unido.

El país norteamericano se mantuvo como el principal destino del espárrago peruano con 69% de participación. El año pasado, los envíos a ese mercado sumaron 90,879 toneladas por 249.6 millones de dólares. "Si bien el volumen se mantuvo, el monto exportado creció 9% respecto del 2018", precisó Fresh Fruit. Respecto a precios, indicó que la hortaliza peruana se cotizó en 2.71 dólares el kilo, 32% más que el obtenido por el espárrago mexicano.

España, por su parte, desplazó por primera vez a los Países Bajos y se convirtió en el segundo destino de la hortaliza peruana, con 8% de participación.

"Durante el 2019, las exportaciones al país ibérico alcanzaron 10,930 toneladas por 31.4 millones de dólares. En comparación con el año previo, los envíos crecieron 14% en volumen y 9% en valor", indicó.

Asimismo, señaló que el Perú se mantuvo como el principal proveedor de espárrago del mercado español, con 80% de participación, y un precio de 2.87 dólares, monto 9% más alto que el mexicano.

El top tres y cuatro lo completan los Países Bajos y el Reino Unido, con 7% de participación para cada uno.

En ambos países las exportaciones cayeron 4% en volumen durante el último año.

"En el caso del mercado holandés, el precio de la hortaliza peruana fue de 3.98 dólares, un retroceso de 2% en comparación con el 2018, mientras que en el país británico se obtuvieron precios de 4.26 dólares, precio 4% menos que en el 2018", indicó Fresh Fruit.

Según la Agencia Agraria de Noticias, Ica y La Libertad son las principales regiones productoras de la hortaliza que se dirige principalmente al mercado exterior.

En el 2019, las exportaciones peruanas de espárragos (fresco, conserva y congelado) sumaron US\$ 539 millones, mostrando un incremento de 1.7% frente a los US\$ 530 millones alcanzados el año previo.

Así lo indicó Cillóniz (2020), quien señaló que el año anterior nuestro país despachó 170 mil toneladas de la mencionada hortaliza, registrando una disminución de 2% en comparación a las 173.500 toneladas enviadas el 2018.

Agregó que en el 2019 las principales regiones productoras de espárragos en nuestro país fueron Ica con 193.108 toneladas y La Libertad con 137.587 toneladas. Le siguen Lima con 19.971 toneladas, Áncash con 13.993 toneladas, entre otras.

Cillóniz Benavides señaló que en el 2019 los envíos de espárragos frescos ascendieron a US\$ 400 millones, obteniendo una reducción de 5% versus los US\$ 422 millones alcanzados el 2018. En volumen se redujo 8.4% al pasar de 142 mil a 130 mil toneladas.

Las principales empresas exportadoras de espárragos frescos el año anterior fueron: Complejo Agroindustrial Beta con 14.000 toneladas, Danper Trujillo 12.000 toneladas, Sociedad Agrícola Drokasa 7.000 toneladas, Flor de Blanca 6.000 toneladas, Santa Sofía del Sur 5.000 toneladas, entre otros.

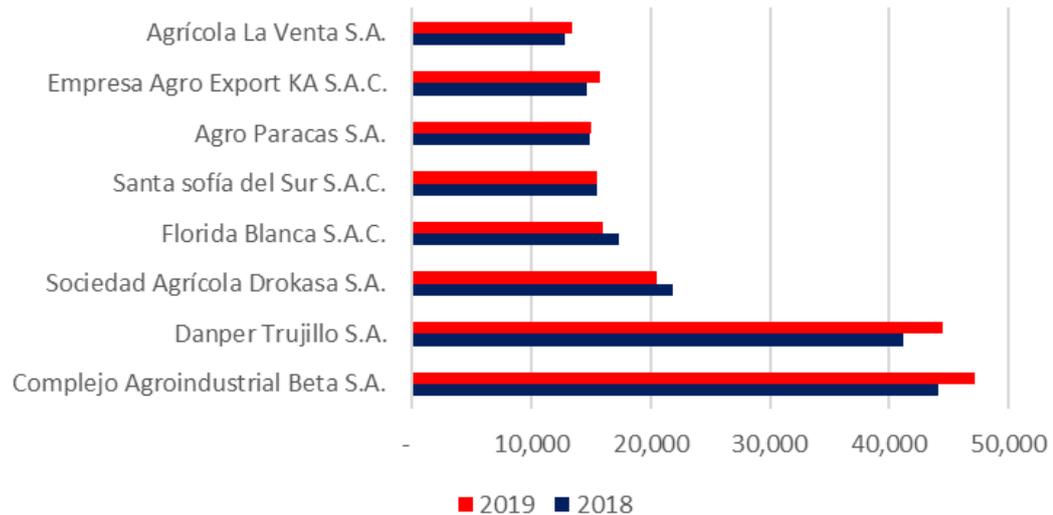


Figura 4. Exportación de espárragos frescos 2018-2019 en miles US\$

Fuente: agrodaperu.com.

En el 2019, los envíos de espárragos en conserva sumaron US\$ 97 millones, mostrando un incremento de 29.3% frente a los US\$ 75 millones alcanzados el año previo. En volumen también se notó un aumento de 30.4% al pasar de 23.000 toneladas el 2018 a 30.000 el año pasado.

Las principales empresas exportadoras en esta presentación fueron Green Perú. Danper Trujillo, Virú S.A., TALSA, TWF (sucursal Perú), otros.

España con 12.512 toneladas, Estados Unidos con 6.209 toneladas, Francia con 4.800 toneladas, Alemania 2.900 toneladas, fueron los mayores destinos.

Por el lado de los congelados, los envíos el 2019 ascendieron a US\$ 42 millones, 31.25% más que el 2018 cuando sumaron US\$ 32 millones. En volumen pasó de 8.500 a 10.000 toneladas, notándose un aumento de 17.7%.

Complejo Agroindustrial Beta fue la principal exportadora en esta presentación concentrando el 50% del total (5.000 toneladas). Le siguen IQF del Perú, Agroindustrias AIB, Fundo San Fernando, Agro Industrias San Antonio, otros.

Estados Unidos, Japón, España e Italia son los principales destinos, adquiriendo 4.033 toneladas, 2.843 toneladas, 1.615 toneladas y 470 toneladas, respectivamente.

Danper Trujillo S.A., *joint venture* de capitales daneses y peruanos que comenzó sus operaciones en febrero del año 1994 en Trujillo. Tiene 6,000 Ha y más de 14 mil trabajadores. Producen y exportan conservas de espárrago, alcachofa, pimiento del piquillo, hortalizas en general y frutas, así como espárragos frescos y congelados. Sus exportaciones van dirigidos a Estados Unidos, España, Francia y Países Bajos.

En la presente tesis, nos enfocaremos en la producción de espárrago verde fresco, procesados por esta empresa.

Danper Trujillo es una empresa líder en la región y en el país que basa su desarrollo en la calidad de sus productos, el cumplimiento de los compromisos con sus miembros de interés y en la sostenibilidad de sus inversiones.

El año 2019 produjo 12,377 toneladas. Desajustes en su planeamiento de producción, producto de pronósticos deficientes, causaron roturas de stock que frustraron la venta de 49 toneladas. Considerando el margen de US\$0.92 por kilo en chacra, según la memoria-empresa, el impacto económico fue US\$45,080 o S/157,780.

Igualmente, la falla en los pronósticos, indujo a contratar menos personal de lo requerido, que se subsanó con operarios en sobretiempo, que tiene 50% de recargo. El

año pasado se pagaron 4260 horas con este sobrecosto. Considerando que el costo horario promedio es S/5, el impacto fue de S/10,650.

La empresa cuenta con fondos propios, de donde se abastece del 80% de sus requerimientos, aproximadamente. La diferencia la adquiere a fondos de terceros, con quienes tiene acuerdos de suministro. Estos fondos, también abastecen a otras agroindustrias de la región.

Los espárragos son adquiridos en chacra, donde los técnicos de la empresa evalúan el porcentaje de aprovechamiento, que es la parte útil para venta como fresco. Este varía entre 60% - 75%, dependiendo de la calidad de tierra; técnica agrícola empleada; suministro de agua, entre otros.

El 15% tiene calibres más pequeños o imperfecciones en el tallo, lo que determina sean dirigidos a la producción de conservas.

El 10% restante, son los tocones o base del tallo, que es leñoso y se destina para alimento animal.

Cada chacra ofrece espárragos con diferente nivel de aprovechamiento y su estimación es el punto de partida para consensuar el precio de compra.

El año de referencia de esta tesis, se pagó S/102'083,800 por las 24,599 toneladas de espárrago en chacra. Una mejor evaluación de las características de los espárragos de los fundos, considerando datos históricos y optimizando el costo vs el porcentaje de aprovechamiento, hubiese permitido un ahorro de S/230,944.

Con el estudio de tiempo que se realizó, se determina que las líneas de procesamiento mecanizado pueden operar con 14 operarios. Actualmente funcionan con 15 operarios.

El año pasado, operaron con 1 línea/turno durante 2 meses y con 2 línea/turno durante 2 meses. Los 8 meses restantes, trabajaron las 3 líneas/turno. Esto significó un impacto negativo de S/108,000 en el año.

La supervisión por momentos se ve rebasada por el flujo de producción. En muestreos del descarte, se encontró que el 0.25% del descarte, era aprovechable. El perjuicio por las 19.2 toneladas descartadas por error, significó una pérdida de S/62,090.

La falta de capacitación del personal recién reclutado, motivo que 3 lotes hayan sido observados por estar mal calibrados. El impacto fue de US\$2,400 o S/8,400.

1.2. Antecedentes de la Investigación

1.2.1. Antecedente internacional

Cardona, L. & Sanz, D. (2007) en su investigación titulada “Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la empresa G&L Ingenieros Ltda.” Proponen realizar un estudio de tiempos en cada una de las operaciones del proceso de producción. Luego de ello, concluyen en que la supervisión evita los reprocesos, la capacitación en la tarea asignada evita fallas y demoras, el uso de tecnología es necesario para optimizar el tiempo de proceso y minimizar el margen de error. La redistribución de su ambiente de trabajo fue la técnica que mayor impacto tuvo, resultando una reducción en el tiempo de transporte del 76%.

1.2.2. Antecedente Nacional

Cabrera, J. et al (2017) en su tesis “Planeamiento estratégico de la industria del espárrago en la región de La libertad” ha identificado oportunidades para las empresas dentro de este sector como: diversificar las exportaciones de espárragos a países de la unión europea y de Asia, el acceso a tecnologías agrícolas y de comunicación, el bajo costo laboral de mano de obra, las condiciones climáticas

adecuadas que permiten que durante todo el año se coseche espárrago; en especial en la región La Libertad. No obstante, se han encontrado amenazas propias del país como: la cultura de informalidad, la poca prevención ante desastres naturales y una mala gestión de los recursos naturales como suelo y agua. La auditoría interna ha permitido identificar las competencias que posee la industria para hacer frente a las oportunidades y amenazas. Entre las primeras se encuentra la buena reputación que posee la industria, la disponibilidad de mano de obra y la estacionalidad del producto. De la misma forma se han encontrado debilidades: no hay límites en el tamaño de la propiedad agrícola, de acuerdo al marco legal; la diversificación de cultivos que conduce a la alta rotación de personal que desencadena impactos a nivel de los procesos productivos; y los altos costos logísticos al no contar con adecuada infraestructura de puertos y aeropuertos.

1.2.3. Antecedente Local

Asencio, K. (2017) en su tesis titulada “Propuesta de mejora del proceso de empaque en la planta fresco para incrementar la rentabilidad en la empresa Danper Trujillo SAC”, afirma que tras la aplicación de una propuesta de mejora que consiste en el desarrollo de un estudio de tiempos, balance de líneas de producción y plan de capacitación; es posible incrementar la rentabilidad de una empresa agroindustrial. Con la primera propuesta, las pérdidas económicas por desperdicio de materia prima se redujeron de US\$ 4 907 739,43 a US\$ 4 777 799,68, equivalente a un ahorro anual de US\$ 129 939,75; mientras que con el balance de líneas se incrementa el ingreso económico por la producción de cajas de espárrago de US\$ 1 056 499,20 a US\$ 1 275 379,20, lo cual equivale a un aumento de US\$ 218 880 anuales. Finalmente, el plan de capacitación incrementa la productividad de los trabajadores,

lo cual se traduce en un aumento del ingreso por mayor producción de US\$ 2 644 920,01 a US\$ 2 861 380,70, equivalente a US\$ 216 460,69 anuales. Algunos indicadores que mostraron mejoría fueron el tiempo estándar de las etapas del proceso y la productividad.

Justino, H. & Vargas, R. (2018) en su tesis titulada “Propuesta de un sistema de gestión de almacenes para mejorar la productividad en la empresa Danper Trujillo S.A.C. 2018”, propone el empleo de técnicas como la observación, indicadores de gestión, y costeo ABC para determinar las deficiencias en la actual gestión de almacenes. Concluye que la implementación de una correcta gestión de almacenes, teniendo en cuenta la distribución física (Layout), mejora en procesos de recepción, almacenamiento y despacho, el correcto control de materiales según su clasificación y almacén, hace posible un incremento de la productividad de un 46,97% a 77.75% en la empresa Danper Trujillo S.A.C. Además, se redujo el tiempo promedio de despacho de 43.08 minutos a 35.68 minutos y con ello se mejoró el indicador de cumplimiento de pedidos, cuyo valor pasó de ser 67.72% a 85.5%.

Quispe, G. (2018) en su tesis titulada “Propuesta de mejora de métodos de trabajo en el proceso de producción de espárrago verde fresco para incrementar la productividad de la Asociación Agrícola Compositan Alto” afirma que la baja productividad en las líneas manuales de producción se debe principalmente a la falta de sistema de trabajo estandarizado y la falta de estandarización para el control de pesos en recepción. Como resultado, los porcentajes de rendimiento, descarte y tocón son 79.95%, 2.98% y 13.18%, respectivamente; y la eficiencia de materia prima en el proceso de corte es 80.98%. Para ello propone un plan de capacitación, la mejora de métodos de trabajo

en la estación de empaque, la implementación de dos nuevas herramientas, y el establecimiento de un factor relativo de pérdida de humedad del espárrago. Se evidencia la mejora del proceso productivo en el aumento de rendimiento de materia prima a un 85.09%, la reducción de los porcentajes de descarte y tocón a un 2.83% y 8.29%, respectivamente, y el aumento de la eficiencia de materia prima en el proceso de corte a 86%.

En general, la productividad total de la empresa se incrementó de 1.45 a 1.55 y se logró tener un ahorro de S/.2,517.82 por día.

Saldaña, D. (2019) en su tesis titulada “Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos de la línea de producción de espárrago blanco fresco en la empresa agroindustrial TAL S.A.” afirma que tras la implementación de VSM, MRP Y Balance de Línea se logra reducir los costos operativos durante el proceso productivo, que inicialmente representaban una pérdida total por campaña de S/ 587,488.66. Al aplicar las herramientas descritas, se incrementó la productividad del proceso en un 16.76%, reduciendo los costos en S/145,484.97.

1.3. Bases Teóricas

1.3.1. Pronósticos

Cada situación o escenario requiere un método de pronóstico diferente para ser acertado. Es raro que las ventas reales que se generan sean exactamente iguales a la cantidad que se pronosticó. Según Loreto (2011) algunos métodos para absorber variaciones pequeñas con respecto al pronóstico son contar con capacidad adicional,

los inventarios, o la posibilidad de reprogramación de pedidos; sin embargo, las variaciones grandes pueden causar estragos.

Las empresas se encuentran en constante incertidumbre debido a que la demanda según el tipo de mercado es variada. Frente a ello, son importantes los pronósticos de ventas (Bru et al., 2004), concebidos como una proyección estructurada del conocimiento pasado (Chapman, 2006) que pasan a ser una importante fuente de información para prever la demanda de la forma más realista posible (Marín et al., 2013).

El primer paso para generar un pronóstico es determinar a qué periodo de la demanda precisamos calcular. Este puede ser un mes, un trimestre, un semestre, un año u otro que se requiera. A este periodo de tiempo que cubrirá el pronóstico se le conoce como horizonte de planeación, y su idoneidad depende de cuál sea nuestro objetivo al emplear la previsión de la demanda. Se recomienda establecer periodos de dieciocho meses como máximo para un horizonte de planeación para gestionar la demanda; esto debido a que de ser mayor, los resultados perderían confiabilidad por la presencia de factores de cambio continuo en procesos, sistemas y entornos.



Figura 5. Horizonte de planeación de 3 a 18 meses

Fuente: Salazar (2019)

Los patrones de demanda están marcados de acuerdo con las diferentes actividades económicas que se realizan y una de ellas es la estacionalidad. Para este tipo de demanda se consideran dos periodos diferentes de demanda: periodo pico, donde existe un alto nivel de consumo, y periodo valle, donde se da la menor demanda. Las empresas que se enfrentan a este tipo de demandas tienen generalmente restricciones o excesos de capacidad, que generan altos costos fijos que no pueden ser solventados a lo largo de todo un año (Carruitero, 2011). En ese sentido, es imprescindible la necesidad de utilizar una metodología con base científica y herramientas para generar pronósticos más acertados y acordes a las diferentes actividades económicas con el fin de reducir los errores de pronóstico, ventas perdidas, inventarios y activos inmovilizados.

Métodos de pronóstico

En la actualidad existen diversos métodos de previsión que pueden considerarse como estándar. Existen dos grandes grupos que abarcan todos los métodos estandarizados de previsión, estos son los cualitativos y cuantitativos. Otra gran categorización, dispone los métodos de previsión en tres categorías, estas son cualitativos, de proyección histórica (cuantitativos) y causales (cuantitativos).

- Promedio Simple: Este método consiste en atenuar los datos al obtener la media aritmética de cierto número de datos históricos para obtener con este el pronóstico para el siguiente periodo. El número de datos a tomar en cuenta para calcular el promedio es una decisión de la persona que realiza el pronóstico.
- Promedio Móvil: Cada punto de una media móvil de una serie temporal es la media aritmética de un número de puntos consecutivos de la serie, donde el

número de puntos es elegido de tal manera que los efectos estacionales y / o irregulares sean eliminados.

1.3.2. Solver

Es un programa de complemento de Microsoft Excel que facilita el análisis y obtención de un valor óptimo (mínimo o máximo) sujeto a restricciones o limitaciones considerados en una hoja de cálculo.

Solver trabaja con un grupo de celdas llamadas celdas de variables de decisión o, simplemente, celdas de variables que se usan para calcular fórmulas en las celdas objetivo y de restricción. Solver ajusta los valores de las celdas de variables de decisión con la condición de que cumplan con los límites de las celdas de restricción y den el resultado deseado en la celda objetivo (Microsoft, 2020).

1.3.3. Estudio de tiempos.

Para realizar un eficiente estudio de tiempos se necesita tener en cuenta ocho pasos que se muestran a continuación:

1. Definir la tarea a estudiar.
2. Dividir la tarea en elementos precisos.
3. Decidir cuantas veces se medirá la tarea
4. Medir el tiempo y registrar los tiempos elementales y las clasificaciones del desempeño.
5. Calcular el tiempo real promedio, que corresponde al tiempo observado promedio calculado con la siguiente ecuación:

Ecuación 1. *Tiempo observado promedio*

$$\text{Tiempo observado promedio} = \frac{\sum \text{tiempos registrados para realizar cada elemento}}{\text{Número de observaciones}}$$

6. Determinar la calificación del desempeño y después calcular el tiempo normal para cada elemento a través de la siguiente ecuación:

Ecuación 2. *Tiempo normal*

$$\text{Tiempo normal} = \text{Tiempo observado promedio} \times \text{Factor de calificación de desempeño}$$

7. Sumar los tiempos normales para cada elemento a fin de determinar el tiempo normal de una tarea.
8. Calcular el tiempo estándar. Considerando las holguras por necesidades personales, demoras inevitables, y fatiga del trabajador.

Ecuación 3. *Tiempo estándar*

$$\text{Tiempo estándar} = \frac{\text{Tiempo normal total}}{1 - \text{Factor de holgura}}$$

1.3.4. Balance de Línea

Se suele requerir desarrollar esta herramienta en todo proceso industrial (Nahmias, 2007), y se caracteriza por considerar un conjunto de tareas diferentes que deben terminarse para obtener determinado producto. Tiene como objetivo el organizar las tareas en grupos, y establecer para cada grupo la ejecución de actividades en una sola estación de trabajo.

Tiene los siguientes propósitos Meyers (2000):

- Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.

- Reducir el costo de producción.
- Establecer el tiempo estándar.

1.3.5. Control interno

Este es un proceso llevado a cabo por el personal de una organización y que tiene el fin de proporcionar un grado de seguridad "razonable" para la consecución de sus objetivos (Vega & Nieves, 2016). En su concepción, está formado por cuatro fases: preparación inicial, la planificación de las acciones, la implementación y la evaluación y ajustes de las acciones (Ver Figura 7). Se debe tener en cuenta que para definir los objetivos del programa de supervisión y monitoreo, los objetivos dependen de las particularidades de cada entidad y su estrategia. Algunas recomendaciones son:

- Evidenciar las mejoras o retrocesos acaecidos en los resultados de la entidad.
- Aportar información para orientar y facilitar el proceso de evaluación del desempeño del control interno en la entidad y la toma de decisiones gerenciales estratégicas en materia de control.
- Retroalimentar el sistema de control, a través de la evaluación sistemática del cumplimiento de normativas técnicas y jurídicas; así como de la identificación, según proceda, de las acciones correctivas pertinentes ante posibles desviaciones.

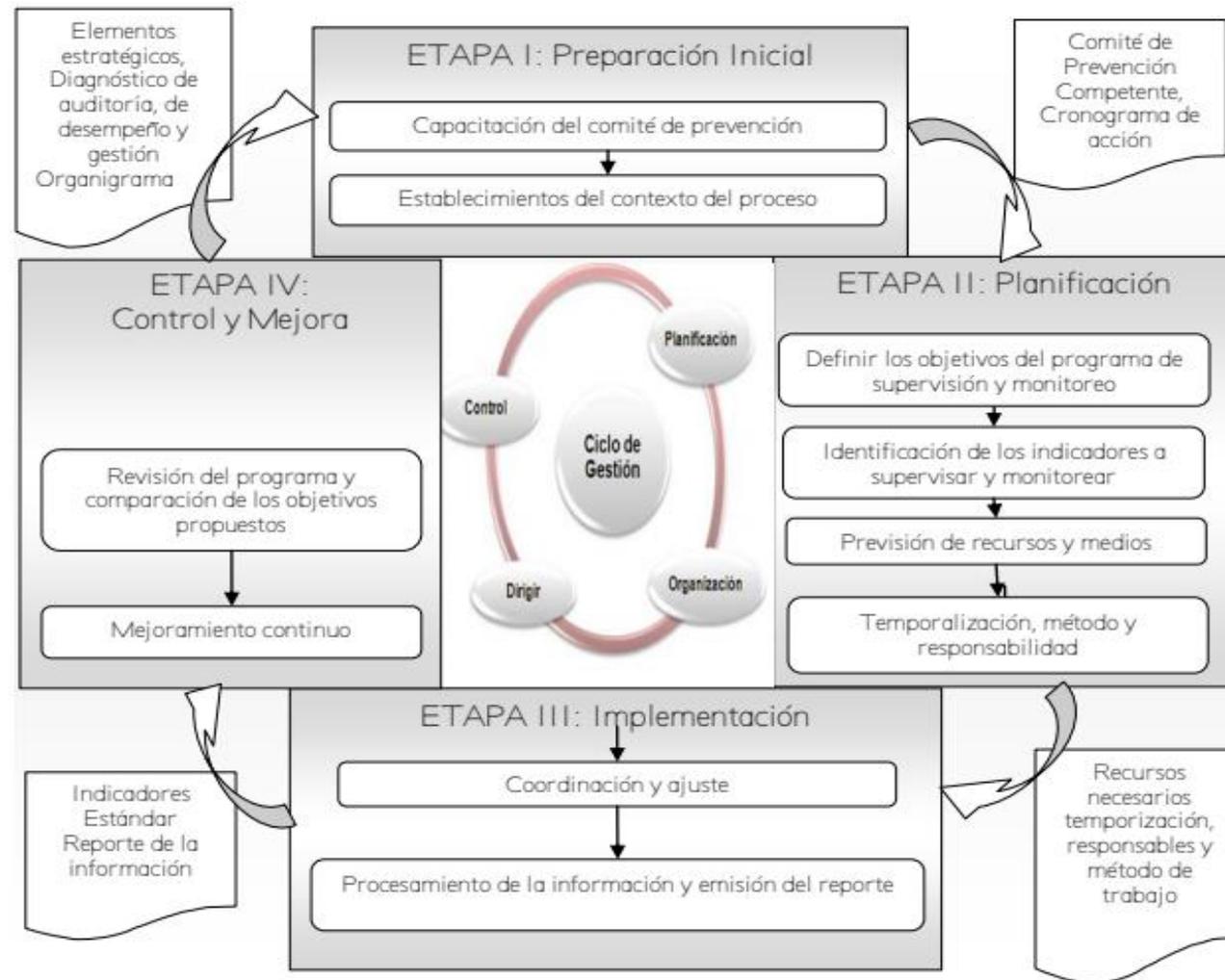


Figura 6. *Etapas para la supervisión*

Fuente: Vega & Nieves, 2016

1.3.6. Capacitación.

Para Chiaventato (2008), la capacitación es una vía eficaz para agregar valor a las personas, la organización y los clientes. Además, considera que enriquece el patrimonio humano de las organizaciones y es el principal actor en la formación de su capital intelectual.

Los pilares fundamentales de la capacitación se traducen en que las organizaciones brinden la enseñanza y los conocimientos de los puestos de trabajo, y la motivación del personal (Dessler & Varela, 2011).

El proceso de capacitación cuenta con cinco pasos, estos son:

1. Diagnóstico de las necesidades de capacitación, en el cual se establecen los objetivos, la estructura y desarrollo de los planes para fortalecer las habilidades, conocimientos y actitudes del colaborador.
2. Diseño didáctico, en el cual se ordenan a manera de plan todos los elementos que se utilizarán para la realización de la capacitación.
3. Validación, mediante la presentación a una audiencia representativa.
4. Implementación, que es la presentación de los contenidos de la capacitación
5. Evaluación, en dos sentidos: desde capacitador (conocimiento) y desde capacitado (método).

1.4. Definición de Términos

Estudios de tiempo

Implica medir el tiempo de una muestra del desempeño de un trabajador y usarlo para establecer un estándar.

Balance de línea

Para Soini et al. (2004), es un método de programación gráfica que considera a la localización explícitamente como una dimensión, lo que facilita la planificación de recursos y permite ahorros en el costo y un menor riesgo en la programación, así como la permanencia en el sitio de las cuadrillas de trabajo.

Tiempo estándar

Es el tiempo requerido para que un operario promedio, calificado y adiestrado, trabajando a ritmo normal, lleve a cabo una operación. Se determina sumando el tiempo asignado a todos los elementos comprendidos en el estudio de tiempos. Los tiempos elementales concebidos o asignados se evalúan multiplicando el tiempo elemental medio transcurrido, por un factor de conversión esto para poder determinar con la calificación Westinghouse. (Vázquez, 2004)

1.5. Formulación del Problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y calidad sobre la rentabilidad del procesamiento de espárrago fresco en una agroindustria, 2020?

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y calidad sobre la rentabilidad del procesamiento de espárrago fresco en una agroindustria, 2020.

1.6.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación actual de la gestión de producción, logística y calidad del procesamiento de espárrago fresco en una agroindustria, 2020.
- Proponer metodologías, técnicas y herramientas de la Ingeniería Industrial en la gestión de producción, logística y calidad para incrementar la rentabilidad del procesamiento de espárrago fresco en una agroindustria, 2020.
- Determinar la variación de la rentabilidad del procesamiento de espárrago fresco en una agroindustria como efecto de la implementación de la propuesta.
- Evaluar económicamente la propuesta de mejora.

1.7. Hipótesis

La propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y calidad incrementa la rentabilidad del procesamiento de espárrago fresco en una agroindustria, 2020.

1.8. Variables

1.8.1. Variable independiente

Propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y calidad.

1.8.2. Variable dependiente

Rentabilidad.

1.9. Operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicador	Fórmula
Propuesta de mejora en la gestión de producción, Calidad y Logística	<p>La propuesta de mejora en la gestión de producción reúne a un conjunto de actividades que crean valor en forma de bienes y servicios al transformar los insumos en productos terminados.</p> <p>La propuesta de mejora en la gestión logística se refiere a la forma de organización que adoptan las empresas en lo referente al sistema de aprovisionamiento de materiales, producción y almacén y distribución de productos (Gómez, J., 2013)</p> <p>La gestión de la calidad es un conjunto de acciones y herramientas que tienen como objetivo evitar posibles errores o desviaciones en el proceso de producción y en los productos o servicios obtenidos a través de él.(ISO 9001:2015)</p>	La propuesta permite mejorar las gestiones de producción, Calidad y Logística , incrementando con ello, la rentabilidad de la empresa	Producción	Ventas perdidas por deficiente planeamiento de producción	$\frac{\text{Lucro cesante ventas perdidas por planeamiento}}{\text{Lucro cesante ventas perdidas por planeamiento}}$
				Costo de horas en sobretiempo	Costo de horas en sobretiempo por falla de planeamiento
			Logística	Costo de esparrago util por fundo	$\frac{\text{Costo} (\$)}{\% \text{ aprovechamiento}}$
			Calidad	Lucro cesante de materia prima descartada erroneamente	$\sum \text{Descarte} \times \text{margen}$
Rentabilidad	Obtención de ganancias a partir de cierta inversión. (RAE,2012)	Capacidad de obtener ganancias a partir de una inversión, aplicando la propuesta de mejora en la gestión de producción, logística y calidad.	Rentabilidad sobre ventas		$\frac{\text{Utilidad}}{\text{Ventas netas}}$

Figura 7. Operacionalización de variables

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

La presente tesis está orientada a la aplicación de herramientas de mejora en la gestión de producción, logística y calidad con el fin de incrementar la rentabilidad del proceso de espárrago fresco en una agroindustria. Se considera a esta investigación de tipo diagnóstica y propositiva ya que se caracteriza por utilizar un conjunto de técnicas y procedimientos con la finalidad de diagnosticar y resolver problemas fundamentales, y porque tiene como fin generar conocimiento (Ramírez, 2017).

2.2. Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)

En la siguiente tabla están las técnicas e instrumentos a utilizar en el estudio.

Tabla 1.

Materiales, instrumentos y métodos de recolección de datos

TÉCNICA	JUSTIFICACIÓN	INSTRUMENTOS	APLICADO EN
Observación de campo	Permitió observar las áreas de la empresa, las actividades, procesos y problemas en ellos.	-Cuaderno de apuntes -Cámara fotográfica -Cronómetro	En las áreas de producción, logística y calidad
Entrevista	Permitió obtener mayor detalle del funcionamiento y gestión de la empresa.	-Guía de entrevista -Cuestionario -Cuaderno de apuntes. -Cámara fotográfica	En el gerente de producción

Análisis de documentos	Permitió obtener una base de datos de los procesos de producción.	descifrar información solicitada obteniendo una base de datos de los apuntes de producción.	-Microsoft Excel -Laptop -Cuaderno	Base de datos de la empresa en de estudio.
Encuesta	Permitió analizar los factores que intervienen en la producción, específicamente en la mano de obra.	analizar los que intervienen en la producción,	-Cámara fotográfica -Guía de encuesta -Lapiceros	Personas que labora en el área de producción.

Fuente. Elaboración propia

2.3. Técnicas e instrumentos de recolección y Análisis de Datos

A continuación, se muestran las herramientas usadas en la recolección y análisis de los datos y los resultados de cada una:

Tabla 2. *Instrumentos y métodos de procesamiento de datos*

Instrumentos y métodos de procesamiento de datos

Herramienta	Descripción
Diagrama de Ishikawa	Muestra las causas raíz de la situación problemática identificada y el efecto más relevante en la empresa.

Matriz de priorización	de	Las causas raíz son mostradas de manera ordenada de acuerdo con la importancia que el criterio de los directivos de la empresa le otorguen.
Pareto		Son identificadas las causas raíz que generan el 80% del impacto en la baja rentabilidad.
Matriz de indicadores	de	Muestra indicadores que permiten medir el impacto de la mejora en cada causa raíz priorizada.
Diagrama de análisis de procesos	de	Se elabora para determinar las actividades productivas e improductivas presentes en el proceso de producción.

Fuente: Elaboración propia

Procesamiento de información

La herramienta Microsoft Office Excel fue usada para realizar los pronósticos de ventas, la optimización, y el cálculo de valores e indicadores en general, que forman parte de la presente tesis.

2.4. Procedimiento

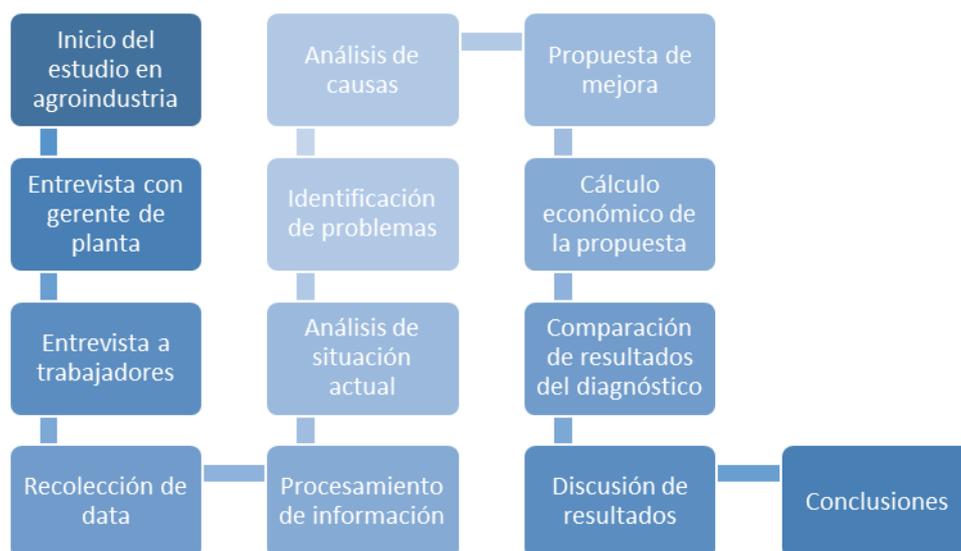


Figura 8. *Procedimiento de trabajo*

Fuente. Elaboración propia

2.5. Descripción General de la empresa

Esta agroindustria, está orientada a desarrollar sus capacidades productivas con excelencia para satisfacer sus clientes en todo el mundo quienes aprecian la comprobada calidad de sus productos.

Es una Joint Venture de capitales peruanos y daneses con más de 20 años de experiencia exitosa en la agroindustria, con más de 6,500 colaboradores y 7,000 hectáreas cultivadas tanto en la costa norte y sur, como en la sierra central y sur del Perú.

El desarrollo del capital humano es la única fuente sostenible de la productividad y competitividad de la empresa.

La empresa tiene un claro convencimiento de que su sentido de propósito es generar una dinámica de desarrollo sostenible basado en un sano crecimiento y desempeño económico, social y ambiental en sus ámbitos de acción: interno y externo.

La empresa transforma materias primas perecederas en productos alimenticios seguros y de alta calidad que satisfacen las necesidades de sus consumidores en el mundo.

Tiene una clara política para minimizar y/o eliminar los aspectos e impactos ambientales generados por sus operaciones incorporando tecnología, equipamientos y procesos acorde con el medio ambiente, la seguridad personal y la legislación vigente conforme al estándar internacional ISO 14001:2004. El cuidado ambiental es su prioridad por eso se cuenta con esta importante certificación.

Ha logrado implementar de manera efectiva su Sistema Integrado de Gestión (SIG) que incluye 9 certificaciones internacionales en las dimensiones Económicas, Sociales y Ambientales para sus plantas de procesamiento, tales como el HACCP, BRC, ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001, BASC, BSCI y SA 8000.

Con estas certificaciones, evidencia su compromiso con los altos estándares de la calidad de sus productos, el desarrollo permanente de su capital humano, el cuidado efectivo de la seguridad y salud ocupacional, y el cuidado y respeto del medio ambiente.

Se ha convertido en la primera agroindustrial en el Perú en implementar y certificar las Normas Internacionales ISO 9001, ISO 14001 y OHSAS 18001 e integrarlas eficientemente en su Sistema Integrado de Gestión (SIG) con otras normas de alcance mundial. También ha sido la primera agroindustrial peruana en Certificar la norma de gestión de Responsabilidad Social SA 8000 con alcance en los procesos de conserva, fresco y congelado.

2.5.1. Misión y Visión.

➤ Misión

Proveer a la humanidad con alimentos naturales y nutritivos producidos con los más altos estándares de calidad, eficiencia y sostenibilidad.

Valoramos y potenciamos las capacidades de nuestro capital humano promoviendo así el desarrollo continuo de nuestra sociedad y generar valor para nuestros colaboradores, clientes proveedores y accionistas.

➤ Visión:

Al 2025 ser la empresa agroindustrial peruana líder en competitividad, sostenibilidad e innovación.

2.5.2. Organigrama

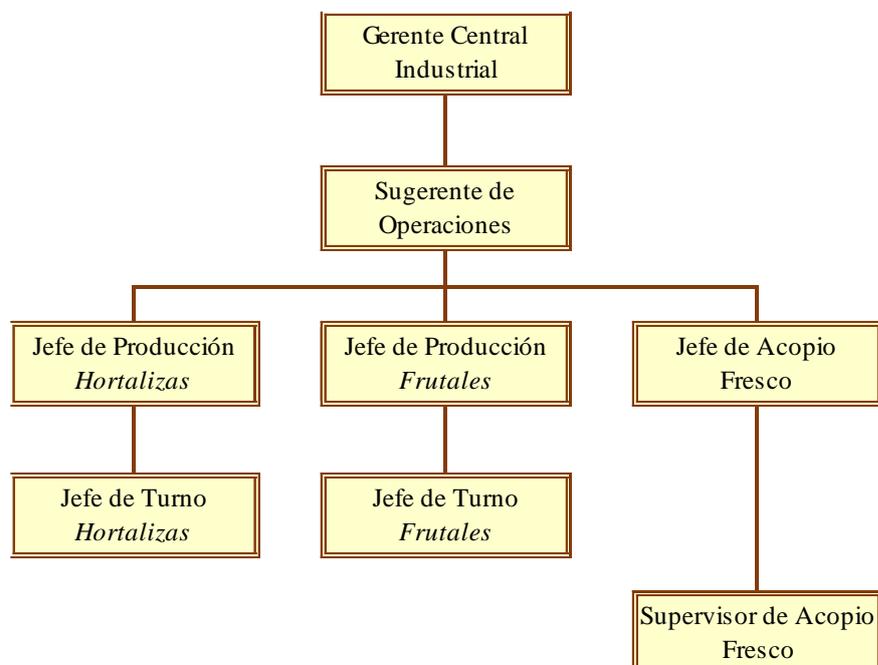


Figura 9. Organigrama de la empresa

Fuente. Elaboración propia

2.5.3. Distribución de la Empresa

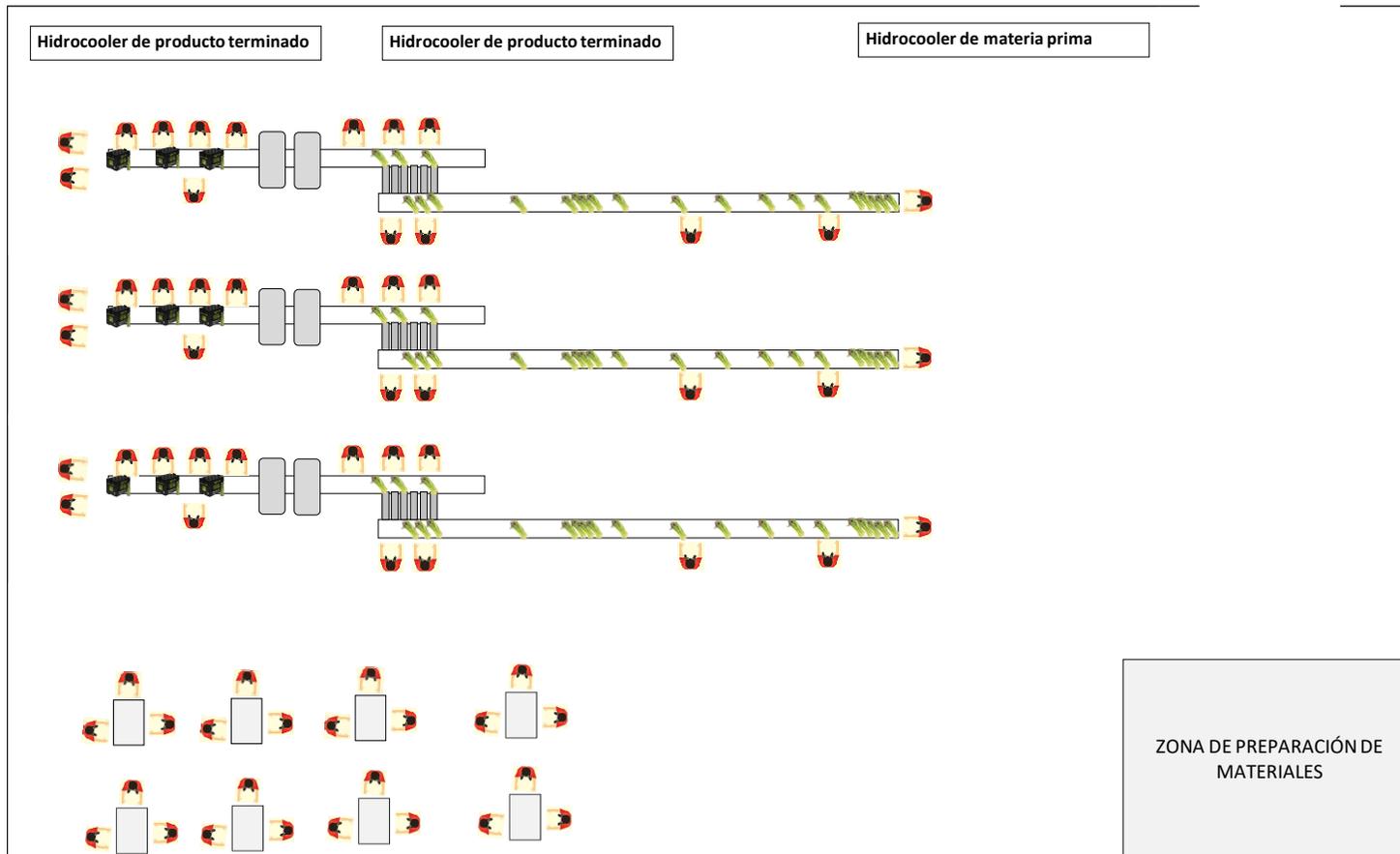


Figura 10. *Layout actual*

Fuente. Elaboración propia

2.5.4. Principales productos

a. Hortalizas finas

Espárrago Verde

El espárrago verde succulento y tierno, sin grasa ni colesterol; contiene vitamina B6, A, beta caroteno y la vitamina C, nutrientes antioxidantes que ayudan a combatir el cáncer y fibra que contribuye a la digestión de manera representativa y única.

Espárrago Blanco

El espárrago blanco es el favorito de todos los tiempos, cosechado a mano, fácil de preparar y de muchas maneras; ensaladas con vinagretas y succulentas sopas calientes. Asimismo, ayuda a combatir el cáncer, las cardiopatías y los trastornos oculares.

Pimiento California

Cosechado a mano, la versatilidad de este maravilloso producto permite usarlo para darle color a las comidas, así como condimento y sazónador. Rico en vitaminas, principalmente A y C, también es conocido como una excelente fuente de antioxidante.

Pimiento Piquillo Rojo

Esta variedad de pimiento es una de las más deliciosas, el proceso de rostizado le dan ese inconfundible sabor ahumado y dulce. Aparte de esto, es altamente nutritivo, siendo rico en fibra, y vitaminas A, B, C y E.

Pimiento Cherry Hot

Esta variedad de pimiento es de los más deliciosos y permiten rellenarlos para combinarlos con diversos platillos, disfrútalos en la marca especial Río Santa.

La marca Río Santa está inspirada en la fuente de agua, el río Santa, que da vida al proyecto Chavimochic, el cual irriga los valles de Chao, Virú, Moche y Chicama (Región La Libertad).

Estas tierras gozan del mejor clima para que Danper pueda producir los mejores productos gourmet para el cliente institucional y profesional del Perú y del mundo.

Alcachofa

La alcachofa es una rica fuente de vitamina C, ácido fólico y magnesio. Libre de grasas, esta deliciosa flor contiene en promedio 25 calorías por su bajo índice de sodio. Asimismo, protege el hígado y ayuda a su recuperación en caso de enfermedad hepática.

b. Frutas

Mango, uva red globe, uva sugraone, aguaymanto, palta, arándanos, papaya andina, papaya criolla.

c. Súper granos:

Quinoa, Chía, Amaranto.

d. Gourmet:

Pestos, salsas, bruschettas, grillados, vinagretas, ensalada de alcachofa, mermeladas, tapenades, dips con quinoa.

e. **Ready to eat:**

Quinoa Lunch, quinotto en bolsa pouch.

2.5.5. Ubicación de Principales Clientes

Espárrago Blanco

Canadá, USA, México, Colombia, Perú, Chile, Uruguay, Brasil, Republica de Sudáfrica, Australia, Japón, Líbano, España, Francia, Alemania, Holanda, Bélgica, Dinamarca, Suecia, Finlandia

Espárrago Verde

Canadá, USA, México, Brasil, Uruguay, Colombia, Chile, Republica de Sudáfrica, Australia, Filipinas, Japón, Líbano, España, Francia, Reino Unido, Dinamarca, Alemania, Suecia.

2.5.6. FODA

Tabla 3.

FODA de la Empresa

FORTALEZAS	DEBILIDADES
1. Experiencia en el rubro	1. Limitada capacidad de crecimiento
2. Clientes fidelizados	2. Pronósticos deficientes
3. Calidad de producto	3. Bajo índice de aprovechamiento
4. Reconocimiento mundial	4. Mecanizado parcial
5. Cercanía a proveedores	

OPORTUNIDADES	AMENAZAS
1. Nuevas presentaciones	1. Tratados no atractivos
2. Nuevos mercados	2. Mayores exigencias sanitarias
3. Nuevos clientes	3. Fenómeno del niño
4. Reducción de costos	4.Reducción de márgenes por incremento de competencia
5. Reducción ventas perdidas	5.Pandemia
6.Incremento capacidad de producción	

Fuente. Elaboración propia.

2.5.7. Cadena de Valor



Figura 11. Cadena de valor

Fuente: Elaboración propia

2.5.8. Mapa de Procesos



Figura 12. Mapa de procesos

Fuente. Elaboración propia

2.5.9. Diagrama de Proceso productivo de la Empresa

DIAGRAMA PARA 25 KILOS DE ESPÁRRAGO QUE SE TRANSFORMAN EN 55 BUNDLES DE 0.454 KILOS									
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS						CODIGO Pe - 01			
						VERSION 0001			
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MECANIZADO						FECHA 08/10/20			
						PÁGINA 1			
Fecha de Realización 8 de octubre 2020		Ficha Número I							
Proceso: Producción de Espárrago verde fresco		ACTIVIDAD				Actual		OBSERVACIONES	
						Cant	Time (seg)		
DESCRIPCIÓN		○	➡	D	□	▽	Distancia	seg/Kilo	De los fondos
Recepción en planta		○	➡	D	□	▽			De los fondos
Pesado de espárragos		○	➡	D	□	▽			Balanza de camiones
Lavado de espárragos		○	➡	D	□	▽			Duchas, agua clorada 10 ppm
Hidrogenfrío		○	➡	D	□	▽			
Almacén frío		○	➡	D	□	▽			5° C
Transporte a duchas		○	➡	D	□	▽	10		
Alimentación a faja niveladora		○	➡	D	□	▽			
Selección		○	➡	D	□	▽		5.4	Calibración manual
Alimentación a cangilones		○	➡	D	□	▽		6.4	Alimentación manual a la cadena
Formar bunches y corte mecánico		○	➡	D	□	▽		11.6	
Pesar y corregir atados		○	➡	D	□	▽		12.4	Pesado manual y corregir pesos
Colocar tags a cada bunch		○	➡	D	□	▽		11.1	
Colocar pañal a bunch		○	➡	D	□	▽		11.7	
Encajar bunches con pañal		○	➡	D	□	▽		6.1	
Paletizado temporal		○	➡	D	□	▽		0.5	
Hidrocooler		○	➡	D	□	▽		-	
Reempacar cajas y poner bolsas		○	➡	D	□	▽		5.8	
Paletizado de exportación		○	➡	D	□	▽		0.1	
Almacenamiento en frío		○	➡	D	□	▽		-	5° C
Despacho en frío		○	➡	D	□	▽		-	5° C
Transporte en frío		○	➡	D	□	▽	12	-	5° C
		○	➡	D	□	▽		-	
TOTAL		10	3	0	3	2	22	70.97	

Figura 13. DAP proceso mecanizado actual

Fuente. Elaboración propia

DIAGRAMA PARA 25 KILOS DE ESPÁRRAGO QUE SE TRANSFORMAN EN 55 BUNDLES DE 0.454 KILOS											
MANUAL DE PROCEDIMIENTOS							CODIGO Pe - 01				
DIAGRAMA DE FLUJO DE PROCESO MANUAL							VERSION 0001				
							FECHA 08/10/20				
							PÁGINA 1				
Fecha de Realización 8 de octubre 2020		Ficha Número 2									
Proceso: Producción de Espárrago verde fresco	ACTIVIDAD					Actual		Supuesto		Economía	
						Cant	Time (min)	Cant	Time	Cant	Time
DESCRIPCIÓN	○	➡	D	□	▽	Distancia	seg/Kilo	OBSERVACIONES			
Recepción en planta	○	➡	D	□	▽			De los fundos			
Pesado de espárragos	○	➡	D	□	▽			De los fundos			
Lavado de espárragos	○	➡	D	□	▽			Balanza de camiones			
Hidrogenfrío	○	➡	D	□	▽			Duchas, agua clorada 10 ppm			
Almacén frío	○	➡	D	□	▽			5° C			
Transporte a duchas	○	➡	D	□	▽	10					
Alimentación a faja niveladora	○	➡	D	□	▽						
Selección	○	➡	D	□	▽		5.4				
Alimentación a cangilones	○	➡	D	□	▽		6.4				
Formar bunches y corte manual	○	➡	D	□	▽		11.6				
Pesar y corregir atados	○	➡	D	□	▽		12.4				
Colocar tags a cada bunch	○	➡	D	□	▽		11.1				
Colocar pañal a bunch	○	➡	D	□	▽		11.7				
Encajar bunches con pañal	○	➡	D	□	▽		6.1				
Paletizado temporal	○	➡	D	□	▽		0.5				
Hidrocooler	○	➡	D	□	▽		-				
Reempacar cajas y poner bolsas	○	➡	D	□	▽		5.8				
Paletizado de exportación	○	➡	D	□	▽		0.1				
Almacenamiento en frío	○	➡	D	□	▽		-	5° C			
Despacho en frío	○	➡	D	□	▽		-	5° C			
Transporte en frío	○	➡	D	□	▽	12	-	5° C			
	○	➡	D	□	▽						
TOTAL	14	8	1	2	1	22	186325				

Figura 14. DAP proceso manual actual

Fuente. Elaboración propia

2.6. Diagnóstico de problemáticas principales

2.6.1. Diagrama de Ishikawa

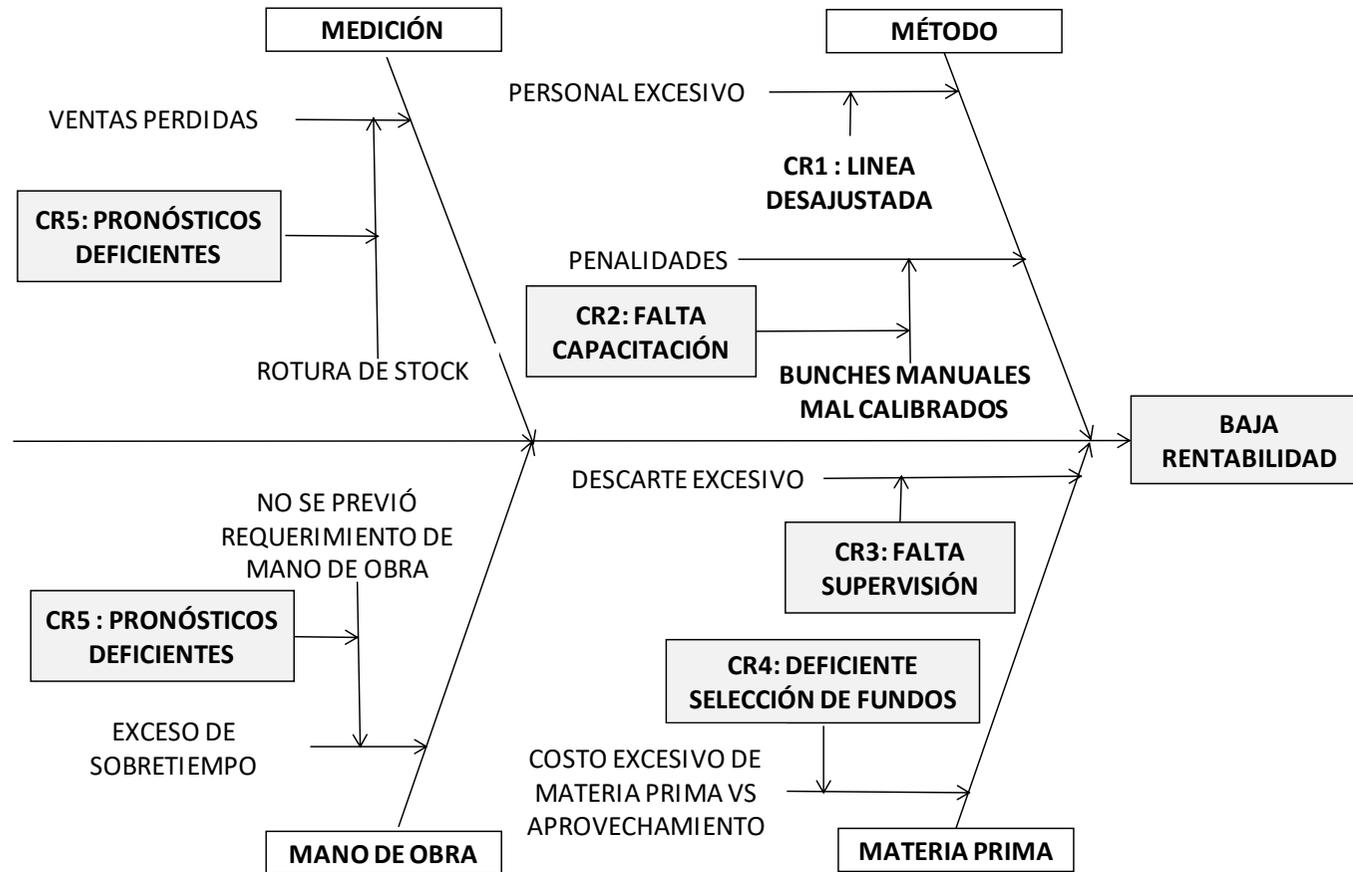


Figura 15. Diagrama Causa Efecto de la problemática de la agroindustria

Fuente. Elaboración propia

2.6.2. Matriz de Priorización de las Causas Raíz

La priorización de las causas raíz se hizo según el impacto económico de los efectos. Se adicionará el análisis la causa raíz 3, a solicitud de los directivos de la empresa, a pesar de que fue descartada en el Pareto.

Tabla 4.

Priorización Costos de causa raíz

	Causa Raíz	Pérdida	%	% acum	
CR4	Deficiente selección de fondos	Costo excesivo en chacra	230,944	40%	40%
CR5	Pronósticos deficientes	Ventas perdidas Sobretiempo	168,430	29%	69%
CR1	Línea desajustada	Costo excesivo de mano de obra	108,000	19%	88%
CR3	Falta supervisión	Descarte excesivo en planta	62,090	11%	99%
CR2	Falta capacitación	Penalidades por mala calibración	8,400	1%	100%

Fuente: Elaboración propia

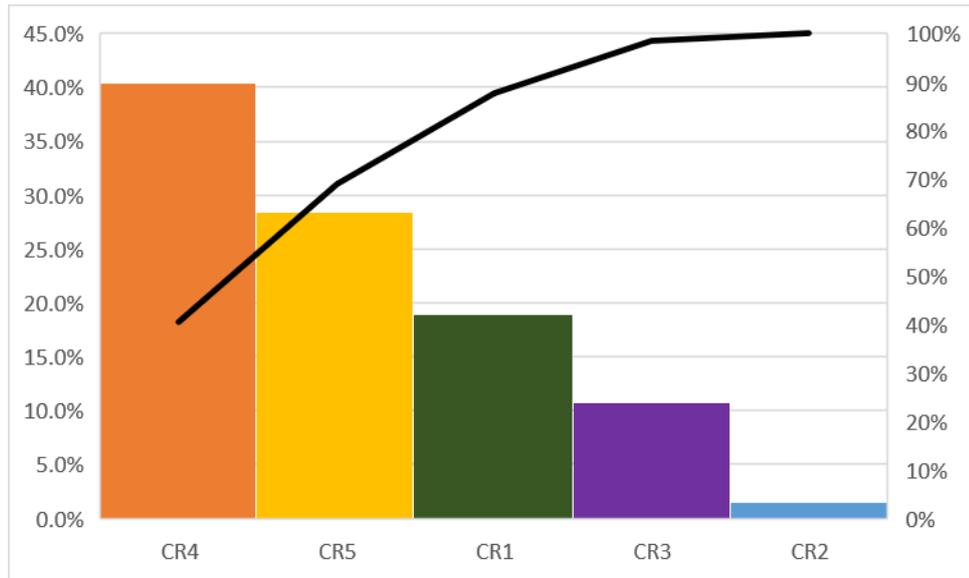


Figura 16. Pareto de causas raíz

Fuente. Elaboración propia

2.6.3. Matriz de Indicadores

Tabla 5.

Matriz de indicadores

N°	CAUSA RAIZ	INDICADOR	FÓRMULA	VA	PÉRDIDA ACTUAL	VM	PÉRDIDA c/ MEJORA	BENEFICIO	HERRAMIENTA DE MEJORA	METODOLOGÍA	INVERSIÓN
CR1	Línea desajustada	Costo de mano de obra	Costo h-h x h-h pagadas	S/1,620,000	S/108,000	S/1,512,000	S/	- S/ 108,000	Estudio del trabajo	Balance de línea	Capacitación S/1,500
CR3	Falta supervisión	Kilos descartados erróneamente	Kilos descartados erróneamente x margen	0.25%	S/62,090	0.10%	S/24,836	S/ 37,254	Gestión de RRHH	Técnicas de supervisión Matriz Vester Ishikawa	Camionetas (2) para supervisión de campo S/269,596 Personal adicional en verano S/8,000
CR4	Deficiente selección de fondos	Costo por kilo útil	Costo anual pagado por espárragos		S/102,083,800		S/.101,852,856	S/ 230,944	Optimización	Solver	Capacitación S/1,500
CR5	Pronósticos deficientes	Ventas perdidas	Ventas perdidas x margen	0.39%	S/157,780	0.00%	S/	-	Gestión táctica	Pronósticos	Capacitación S/1,500
		Sobrecosto de sobretiempo	Horas-hombre en sobretiempo x 150% jornal	1.26%	S/10,650	0.70%	S/5,916	S/ 162,514			

Fuente. Elaboración propia

2.6.3.1. Descripción de causas raíz

- **Causa raíz 1: Línea desajustada**

La agroindustria tiene tres líneas para el procesamiento mecanizado del espárrago y además, realizan empaque manual en mesas de trabajo, que se disponen en función de la necesidad. En ambos sistemas, el producto final es la caja de exportación de, en promedio según el cliente, de 5 kilos de espárrago verde fresco enfriado.

Cada línea mecanizada opera con 15 hombres para una producción estándar de 333 toneladas/mes ó 462 Kilos/hora-línea. El proceso es continuo. El espárrago es seleccionado, agrupado en bunches, pesado, codificado y encajado en línea.

Las mesas para procesamiento manual, opera con 3 hombres, quienes alternadamente hacen las diferentes etapas del proceso, terminando con el espárrago colocado en la caja de exportación. Su capacidad estándar es 140 kilos/hora-mesa.

Estas capacidades de producción fueron calculadas con un estudio de tiempos y desde hace varios años no han sido revisadas.

Se preparó un estudio de tiempos (ver Anexo 1) cuyo resultado se muestra a continuación, que servirá para compararlo con los estándares actuales, como parte de esta propuesta de mejora.

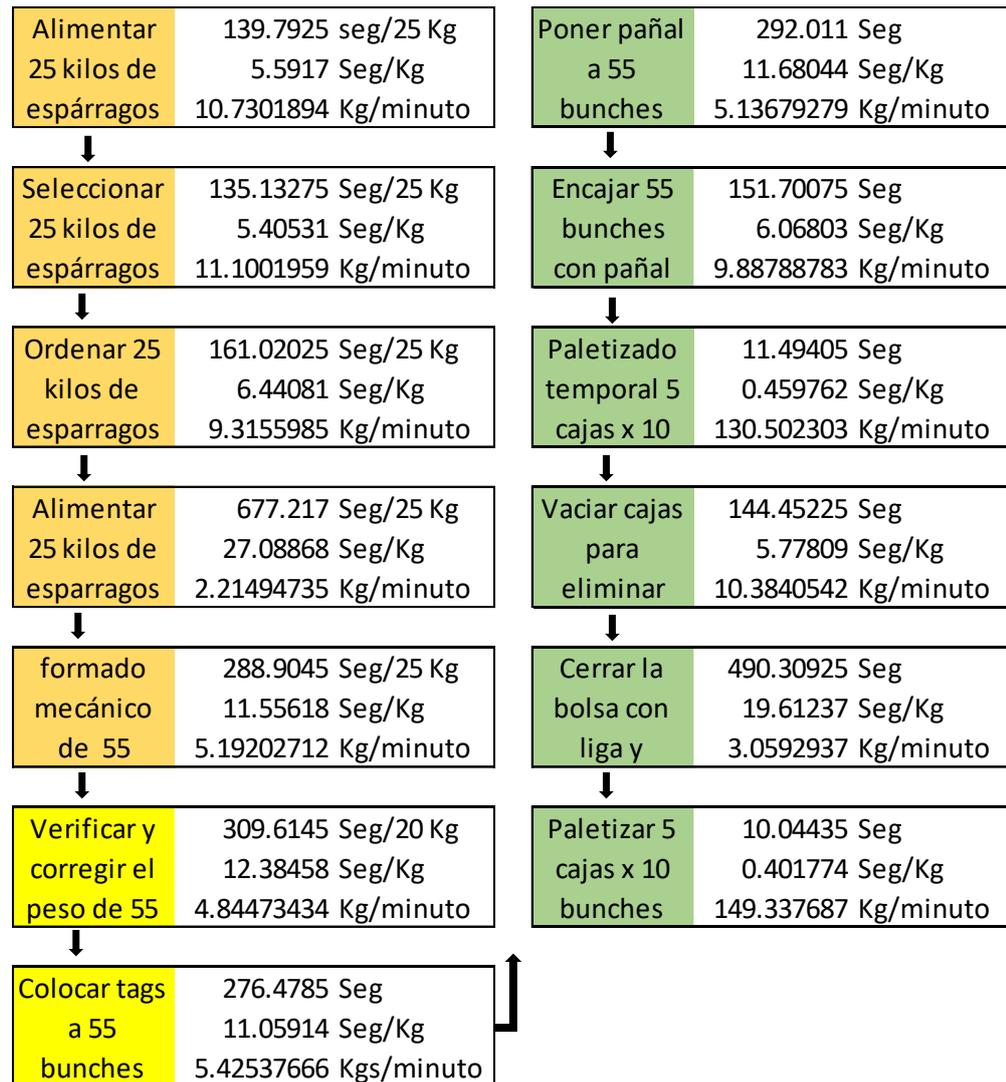


Figura 17. Resumen de estudio de tiempos al proceso mecanizado

Fuente: Elaboración propia

▪ Causa raíz 3: Falta supervisión

Los espárragos se reciben en planta con ramas, las cuales se descartan juntamente con los tocones, que es la base leñosa del tallo y que se derivan para alimento animal.

Se considera como un lote de buena calidad cuando tiene cerca de 75% de espárrago útil, denominado como porcentaje de aprovechamiento.

Normalmente este oscila en 60%-75%.

La permanente rotación del personal de producción, limita la habilidad que tiene para hacer esta selección rápida y efectivamente, yendo a parar con frecuencia, producto útil al descarte.

La supervisión de producción, que debe velar porque no suceda este inconveniente, suele verse desbordada, pues no tienen la técnica conveniente para contrarrestarla.

En muestreo realizado para esta tesis, se determinó que dentro del descarte se había filtrado en promedio, 0.25% de espárragos útiles, como se observa en la siguiente tabla.

Fecha de muestreo	Muestra (Kg)	Util (Kg)	%
5-Ene	2,000	4.60	0.23%
7-Feb	2,000	5.00	0.25%
4-Mar	2,000	5.40	0.27%
5-Abr	2,000	4.00	0.20%
3-May	2,000	6.20	0.31%
4-Jun	2,000	4.00	0.20%
4-Jul	2,000	4.40	0.22%
5-Ago	2,000	6.00	0.30%
3-Set	2,000	4.00	0.20%
2-Oct	2,000	4.00	0.20%
3-Nov	2,000	4.20	0.21%
4-Dic	2,000	7.60	0.38%
	24,000.0	59.40	0.25%

Fuente: Elaboración propia

▪ **Causa raíz 4: Deficiente selección de fondos**

Esta agroindustria tiene fondos propios que son sus principales proveedores de espárragos.

También tiene otros proveedores, que son fondos más pequeños y que abastecen a las diferentes empresas del rubro de la región.

Todos estos tienen diferentes calidades de producto, con diferentes porcentajes de aprovechamiento y con costos diversos. Igualmente, su oferta es variada durante el transcurso del año.

En la siguiente tabla, se han consignado los resultados del muestreo de los porcentajes de aprovechamiento de los espárragos, según su lugar de procedencia. En el Anexo 1 se detalla el muestreo completo.

Tabla 6.

Resultado de muestreo de % de aprovechamiento por fundo

Origen	Recibido (Ton)	Promedio
Barranca	415	62%
Casma	400	64%
Chiclayo	365	63%
Chimbote	420	71%
Huarmey	380	69%
Paiján	505	70%
Pueblo nuevo	715	62%
Virú	340	65%
Compositan 2	6,600	75%
Compositan 3	6,800	74%

Zona Olmos	1,100	72%
Cascajal Olmos	402	70%
San Pedro	737	62%
Muchik	4,820	70%
Zona Chapén	600	61%

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra las estadísticas de ingresos a la agroindustria; el fundo de procedencia y el costo en chacra.

Tabla 7.

Ingresos de espárragos a la agroindustria, costo y aprovechamiento

	Origen	US\$/Kilo bruto	S\$/Kilo bruto	% promedio util fondo	ESPARRAGO BRUTO RECIBIDO (TONS)		ESPARRAGO UTIL RECIBIDO (TONS)		COSTO ESPARRAGO BRUTO (S/)	Oferta máxima comprometi da (Ton)
					Actual	Óptimo	Actual	Óptimo	Total costo real recibido (S/)	
1	Barranca	1.080	3.780	62%	550	650	341	403	2,079,000	650
2	Casma	1.100	3.850	64%	400	420	256	269	1,540,000	420
3	Chiclayo	1.100	3.850	63%	600	625	378	394	2,310,000	625
4	Chimbote	1.180	4.130	71%	420	485	298	344	1,734,600	485
5	Huarmey	1.180	4.130	69%	212	620	146	428	875,560	620
6	Paján	1.180	4.130	70%	590	825	413	578	2,436,700	825
7	Pueblo nuevo	1.100	3.850	62%	525	710	326	440	2,021,250	710
8	Virú	1.170	4.095	65%	190	95	124	62	778,050	1,020
9	Compositan 2	1.210	4.235	75%	6,600	6,600	4,246	4,246	27,951,000	6,600
10	Compositan 3	1.200	4.200	74%	6,800	6,800	5,032	5,032	28,560,000	6,800
11	Zona Olmos	1.150	4.025	72%	1,100	1,100	792	792	4,427,500	1,100
12	Cascajal Olmo	1.180	4.130	70%	700	750	490	525	2,891,000	750
13	San Pedro	1.120	3.920	62%	442	-	274	-	1,732,640	750
14	Muchik	1.200	4.200	70%	4,820	4,820	3,374	3,374	20,244,000	4,820
15	Zona Chepen	1.100	3.850	61%	650	-	397	-	2,502,500	650
		1.150			24,599	24,500	16,886	16,886	S/. 102,083,800	26,825

Fuente: Empresa agroindustrial

Elaboración propia

Las compras se hicieron sin una evaluación profunda de su aprovechamiento vs costo y oferta de las chacras, involucradas dentro del concepto de optimización.

Se adquirieron 24,599 toneladas de espárrago en chacra, con un costo de S/102'083,800. Se obtuvieron 17,590 toneladas útiles para exportación.

▪ **Causa raíz 4: Pronósticos deficientes**

Los pronósticos de la demanda calculados por la empresa, que son la base para el planeamiento de abastecimiento de espárragos ha tenido algunos desajustes que, en pocas oportunidades, han causado rotura de stock de espárrago verde fresco.

El año 2019, se tiene registrado que se frustró la venta de 49 toneladas por este particular.

Por otro lado, el desconocimiento con razonable precisión de los volúmenes de espárrago que se procesarán, dificulta el reclutamiento oportuno de la mano de obra.

El año de referencia, se tuvo que recurrir a 4,260 horas-hombre de sobretiempos, para cubrir las necesidades de personal, para cumplir con los requerimientos de producción.

En la agroindustria se paga un recargo de 50% sobre el costo de la hora-hombre en horario regular.

En la siguiente tabla se muestran los ingresos, vs su porcentaje de aprovechamiento y los pedidos mensuales de producto para exportación. El excedente, se destina a la producción de conservas en frascos de vidrio.

Tabla 8.

% Aprovechamiento mensual espárrago

Espárrago para fresco 2019	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total unid
Espárrago recibido	1,657	769	1,306	645	1,982	2,100	2,079	2,737	2,575	2,360	3,650	2,739	24,599
% de aprovechamiento	60%	75%	73%	73%	65%	74%	68%	69%	70%	68%	65%	72%	69%
Espárrago aprovechable	994	576	953	470	1,288	1,554	1,413	1,888	1,802	1,604	2,372	1,972	16,886
Pedidos de fresco	715	595	950	500	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,426
Maximo para fresco	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Producción de fresco	715	576	950	470	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,377
Espárrago reasignado a conserva	279	-	3	-	198	539	88	468	482	454	1,156	842	
Despacho a clientes	715	576	950	470	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,377
Saldo de fresco en almacén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Venta perdida	-	-	19	-	-	30	-	-	-	-	-	-	49.0

Fuente: Empresa agroindustrial

Elaboración propia

2.6.3.2. Monetización de Pérdidas

Tabla 9.

Monetización de pérdidas

Causa raíz	Descripción	Monetización						Costo (S/)	
		MESES	LINEAS OPERANDO	DIAS	TURNOS	OPERARIOS EN EXCESO	HORAS x TURNO		H-H
CR1	Línea desajustada	2	1	30	3	1	8	1,440	S/108,000
		2	2	30	3	1	8	2,880	
		8	3	30	3	1	8	17,280	
							Costo h-h S/ 5.00		
CR3	Falta supervisión	Espárrago recibido bruto (tons)					24,599		S/62,090
		% de aprovechamiento promedio anual					69%		
		Espárrago aprovechable (tons)					16,886		
		Descarte por error					0.25%		
							19,283 kg		
		Margen/kg					US\$0.92		
S/3.22									
CR4	Deficiente selección de fondos	Total ingresos x costo promedio real					S/102'083,800		S/230,944
		Total ingresos x costo promedio óptimo					S/101'852,856		
CR5	Pronósticos deficientes	Ventas perdidas	Toneladas			49		S/157,780	
			Margen/kg			S/3.22			
		Sobretiempo	Sobrecosto hora			S/2.50		S/10,650	
			H-H actuales			4,260			
			HH- propuesta			2,130			

Fuente: Elaboración propia

2.6.3.3. Solución Propuesta

- **Propuesta de mejora para la causa Raíz 1: Línea desajustada**

Basado en el estudio de tiempos, consignado en la descripción de esta causa, se procede a elaborar el balance de línea, del proceso mecanizado y del manual.

Se comenzará con el proceso mecanizado, conociéndose que a cada línea se le asigna la producción de 333 toneladas mensuales de espárrago verde fresco.

Con este dato, determinamos el Índice de Producción (Ip), que es la velocidad a la que la línea debe correr para poder cumplir con la tarea asignada. El procedimiento es el siguiente:

Tabla 10.

Índice de producción proceso mecanizado

kg mensuales útiles asignados a la línea	333,333.3
kg diarios (30días/mes)	11,111.1
kg/hora (22h diarias 2h de sanitización)	505.1
IP (kg/min)	8.4

Fuente: Elaboración propia

Con este índice, se procede a determinar el número de operarios requeridos, para cumplir con la tarea asignada, en el tiempo establecido.

Tabla 11.

Balance de línea proceso mecanizado

	kg/min	min/kg	Ip	Opera/Línea	Redondeo
Alimentación a faja niveladora	10.730	0.093	8.418	0.784	1
Selección	11.100	0.090	8.418	0.758	1
Alimentación a cangilones	9.316	0.107	8.418	0.904	1
Formar bunches y corte mecánico	5.192	0.193	8.418	1.621	2
Pesar y corregir atados	4.845	0.206	8.418	1.737	2
Colocar tags	5.425	0.184	8.418	1.552	2
Colocar pañal	5.137	0.195	8.418	1.639	2
Encajar bunches con pañal	9.888	0.101	8.418	0.851	1
Paletizado temporal	130.502	0.008	8.418	1.000	1
Hidrocooler	-	-	8.418	-	0
Reempacar cajas y poner bolsas	10.384	0.096	8.418	0.811	1
Paletizado de exportación	449.825	0.002	8.418	0.019	0
Almacenamiento en frío	-	-	8.418	1.000	0
Despacho en frío	-	-	8.418	-	0
Transporte en frío	-	-	8.418	-	0
Total operarios/línea				12.676	14

Fuente: Elaboración propia

Se observa que, con 14 operarios, trabajando con el rendimiento medido en el estudio de tiempos, la línea puede correr apropiadamente.

Seguidamente, se procederá a balancear las mesas de empaque manual. El cálculo se inicia con el supuesto que se encargará el empaque manual de 140 kilos/hora, que es el estándar.

Tabla 12.

Índice de producción proceso mecanizado

Kilos/hora útiles línea manual	140
IP (kg/min)	2.33

Fuente: Elaboración propia

Con este índice, se procede a determinar el número de operarios requeridos, para cumplir con la tarea asignada, en el tiempo establecido.

Tabla 13.

Balance de línea del proceso manual

	min/Kilo	Ip	Operarios	Redondeo
1 Seleccionar + atar bunches para 100 kilos de espárrago verde	0.56264	2.33	1.31	
2 Cortar bunches + poner liga + poner tag + encajar lote de 100 kilos	0.24240	2.33	0.57	
3 Pesar bunches; poner pañal y encajar lote de 100 kilos	0.26690	2.33	0.62	
4 Paletizado temporal de 100 kilos de espárrago para exportación	0.00682	2.33	0.02	
5 Vaciar cajas para eliminar remanente de agua, poner bolsa a la caja y reempacar	0.09984	2.33	0.23	
6 Paletizar lote de 100 kilos de espárragos para exportación	0.00188	2.33	0.00	
Total operarios/línea			2.75	-
Operarios/mesa				3

Fuente: Elaboración propia

Se observa que para procesar manualmente el estándar de 140 kilos/hora, con los tiempos determinados en el estudio realizado, se requieren 2.75 operarios por mesa. Actualmente se asignan 3 operarios, lo que significa que cumple con el balance de línea y no hay lugar a reajustarse.

En conclusión, en el proceso mecanizado, es factible operar con 14 hombres por línea, es decir puede haber un reajuste de 1 operario por línea y por turno.

Como obra en la monetización anterior, en función del número de turnos trabajados por las líneas mecanizadas el año 2019, el beneficio de la reducción de 1 operario, será S/108,000.

▪ **Propuesta de mejora para la causa Raíz 3: Falta supervisión**

El proceso de fabricación de espárrago verde fresco, en cajas de exportación, requiere una supervisión con criterios claros, a lo largo de toda la cadena de valor.

Se tiene registro de algunos lotes, afortunadamente muy pocos, que se hicieron acreedores a penalidades por error en la calibración. Se detectó que, dentro de los bunches, había algunos espárragos que no cumplían con el calibre y/o tamaño que correspondía, según la orden del cliente.

La interacción que estas guardan entre si las tareas encomendadas por la empresa a la supervisión, son las siguiente:

Tabla 14.

Interacción de las tareas de la supervisión

		Calibración correcta	Variabilidad	Velocidad de calibración	Disciplina	
1	Calibración correcta	0	2	3	3	8
2	Variabilidad	3	0	3	1	7
3	Velocidad de calibración	3	3	0	2	8
4	Disciplina	2	0	3	0	5
		8	5	9	6	

Fuente: Elaboración propia

Esta información fue graficada en la siguiente matriz de Vester:

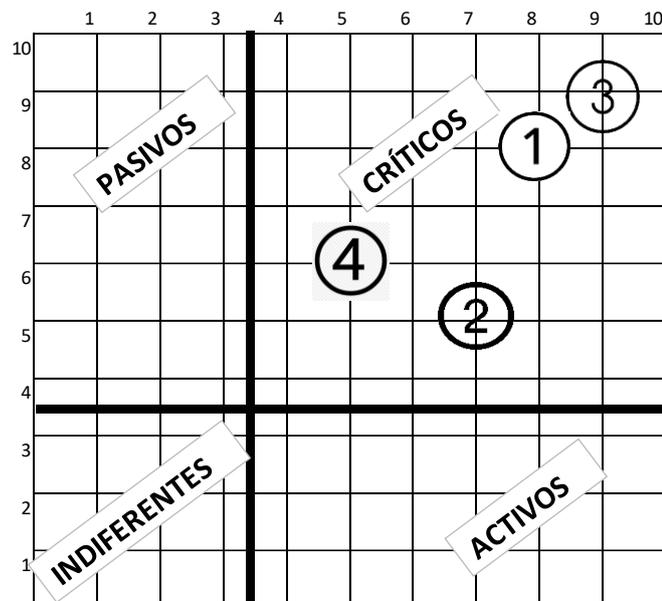


Figura 18. *Matriz de Vester*

Fuente: Elaboración propia

Se observa, que las principales tareas de la supervisión están en el cuadrante de actividades críticas.

Las jefaturas, coinciden en que la supervisión es fundamental, desde la ejercida en la chacra, al momento de la compra de los lotes, donde es fundamental se detecte que la variabilidad de las características físicas y organolépticas, sea mínima.

Luego en la planta, la supervisión garantizará la correcta selección del descarte, en una actividad repetitiva, rápida y de gran monotonía.

Se preparó el análisis de causa-efecto, que mostramos seguidamente:

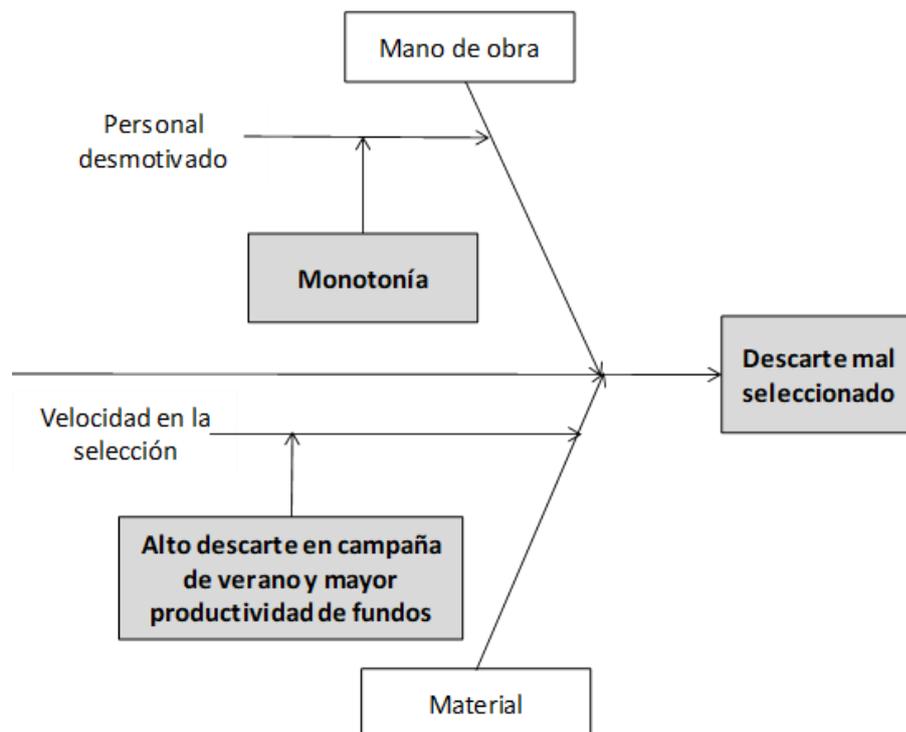


Figura 19. *Análisis causa-efecto del descarte erróneo*

Fuente: Elaboración propia

Se determinó que las causas aparentes de error en el descarte, que induce a eliminar producto útil, son, la monotonía del trabajo y el mayor volumen de

descarte en los meses de verano, donde la productividad de los fondos se incrementa por la mayor cantidad de brillo solar, pero la calidad disminuye.

Monotonía

Una medida preventiva aplicable en los trabajos monótonos es la rotación de puestos para conseguir una rotación de tareas, esta medida mejora la calidad de vida en el trabajo y disminuye la fatiga.

Según Chiavenato (2000), el enriquecimiento del puesto es un enfoque que busca rediseñar los puestos de trabajo de tal modo incrementar la motivación y la satisfacción del trabajador en la organización, por lo tanto hay que generar un trabajo más variado con aprendizajes nuevos, y todo esto permitirá que se cree un ambiente donde exista mayor motivación y una mayor satisfacción. Se puede además generar una especie de desafío para el colaborador, ya que puede mostrar a quien lo asume algunas potencialidades propias de las cuales antes no había logrado darse cuenta convirtiéndolo en una persona polifuncional, teniendo un beneficio de doble vía tanto para el trabajador como para la organización.

Continúa diciendo que, se debe aumentar deliberada y gradualmente las responsabilidades, los objetivos, los desafíos de las tareas del puesto.

Basándose en este criterio de Chiavenato, I., se propone que la tarea de recepción del espárrago, proveniente de los fondos y su inmediata selección y descarte, se realice de manera rotativa, con las diferentes tareas de envasado.

Velocidad en la selección

En los meses de verano, durante la campaña de enero a abril, la cantidad de descarte se incrementa y con ello, la posibilidad de fallar en la selección.

La propuesta es incrementar 2 operarios adicionales exclusivamente para esa actividad, durante los meses de campaña de verano.

Adicionalmente, resulta fundamental que la supervisión en chacra sea mucho más exhaustiva y continua, de modo que se pueda ir valorando la decisión de compra pronosticada. Ello requerirá se mejore la flota de unidades de transporte, asignadas a los ingenieros de campo, con la adquisición de 02 camionetas.

▪ **Propuesta de mejora para la causa Raíz 4: Deficiente selección de fondos**

La compra de espárragos a los diferentes fondos, no se optimiza técnicamente.

Para ello es preciso:

- a) Determinar la disponibilidad que cada fundo otorga.
- b) Utilizar datos históricos para estimar el porcentaje de aprovechamiento de la materia prima de cada fundo.
- c) Manejar el costo en chacra, en mérito a lo anterior.
- d) Establecer el requerimiento mensual y anual de espárragos.

Con esta data se procede a optimizar el lote a comprar a cada fundo, de modo que el costo de espárrago útil, sea el más conveniente para la agroindustria.

Los criterios de esta optimización son los siguientes:

- a) La función objetivo es el costo del espárrago
- b) La restricción de demanda, son las 16,886 toneladas útiles, provenientes de las 24,599 toneladas de espárrago bruto, comprados el 2019.
- c) Las restricciones de oferta, lo constituyen los compromisos máximos que, los fondos establecen con la agroindustria.

Con esta data se corre el solver y los resultados son los siguientes:

Optimización de costo por fondo

	Origen	US\$/Kilo bruto	S\$/Kilo bruto	% promedio util fondo	ESPARRAGO BRUTO RECIBIDO (TONS)		ESPARRAGO UTIL RECIBIDO (TONS)		COSTO ESPARRAGO BRUTO (S/)		Oferta máxima comprometi da (Ton)
					Actual	Óptimo	Actual	Óptimo	Total costo real recibido (S/)	Total costo optimo recibido	
1	Barranca	1.080	3.780	62%	550	650	341	403	2,079,000	2,457,000	650
2	Casma	1.100	3.850	64%	400	420	256	269	1,540,000	1,617,000	420
3	Chiclayo	1.100	3.850	63%	600	625	378	394	2,310,000	2,406,250	625
4	Chimbote	1.180	4.130	71%	420	485	298	344	1,734,600	2,003,050	485
5	Huarmey	1.180	4.130	69%	212	620	146	428	875,560	2,560,600	620
6	Paján	1.180	4.130	70%	590	825	413	578	2,436,700	3,407,250	825
7	Pueblo nuevo	1.100	3.850	62%	525	710	326	440	2,021,250	2,733,500	710
8	Virú	1.170	4.095	65%	190	95	124	62	778,050	388,206	1,020
9	Compositan 2	1.210	4.235	75%	6,600	6,600	4,246	4,246	27,951,000	27,951,000	6,600
10	Compositan 3	1.200	4.200	74%	6,800	6,800	5,032	5,032	28,560,000	28,560,000	6,800
11	Zona Olmos	1.150	4.025	72%	1,100	1,100	792	792	4,427,500	4,427,500	1,100
12	Cascajal Olmo	1.180	4.130	70%	700	750	490	525	2,891,000	3,097,500	750
13	San Pedro	1.120	3.920	62%	442	-	274	-	1,732,640	-	750
14	Muchik	1.200	4.200	70%	4,820	4,820	3,374	3,374	20,244,000	20,244,000	4,820
15	Zona Chepen	1.100	3.850	61%	650	-	397	-	2,502,500	-	650
		1.150			24,599	24,500	16,886	16,886	S/. 102,083,800	S/. 101,852,856	26,825

S/. 230,944

metros de Solver

Establecer objetivo:

Para: Máx Mín Valor de:

Cambiando las celdas de variables:
SG54:SG518

Sujeto a las restricciones:

SG510 <= SLS10
SG511 <= SLS11
SG512 <= SLS12
SG513 <= SLS13
SG514 <= SLS14
SG515 <= SLS15
SG516 <= SLS16
SG517 <= SLS17
SG518 <= SLS18
SG54 <= SLS4
SG55 <= SLS5
SG56 <= SLS6
SG57 <= SLS7

Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Figura 20. Solver optimización compra a fundos

Fuente: Elaboración propia

El resultado de la optimización es el siguiente.

Tabla 15.

Resultado del Solver de compra a fundos

Optimización de costo por fundo

	Origen	US\$/Kilo bruto	S\$/Kilo bruto	% promedio util fundo	ESPARRAGO BRUTO RECIBIDO (TONS)		ESPARRAGO UTIL RECIBIDO (TONS)		COSTO ESPARRAGO BRUTO (S/)		Oferta máxima comprometi da (Ton)
					Actual	Óptimo	Actual	Óptimo	Total costo real recibido (S/)	Total costo optimo recibido	
1	Barranca	1.080	3.780	62%	550	650	341	403	2,079,000	2,457,000	650
2	Casma	1.100	3.850	64%	400	420	256	269	1,540,000	1,617,000	420
3	Chiclayo	1.100	3.850	63%	600	625	378	394	2,310,000	2,406,250	625
4	Chimbote	1.180	4.130	71%	420	485	298	344	1,734,600	2,003,050	485
5	Huarmey	1.180	4.130	69%	212	620	146	428	875,560	2,560,600	620
6	Paján	1.180	4.130	70%	590	825	413	578	2,436,700	3,407,250	825
7	Pueblo nuevo	1.100	3.850	62%	525	710	326	440	2,021,250	2,733,500	710
8	Virú	1.170	4.095	65%	190	95	124	62	778,050	388,206	1,020
9	Compositan 2	1.210	4.235	75%	6,600	6,600	4,246	4,246	27,951,000	27,951,000	6,600
10	Compositan 3	1.200	4.200	74%	6,800	6,800	5,032	5,032	28,560,000	28,560,000	6,800
11	Zona Olmos	1.150	4.025	72%	1,100	1,100	792	792	4,427,500	4,427,500	1,100
12	Cascajal Olmo	1.180	4.130	70%	700	750	490	525	2,891,000	3,097,500	750
13	San Pedro	1.120	3.920	62%	442	-	274	-	1,732,640	-	750
14	Muchik	1.200	4.200	70%	4,820	4,820	3,374	3,374	20,244,000	20,244,000	4,820
15	Zona Chepen	1.100	3.850	61%	650	-	397	-	2,502,500	-	650
		1.150			24,599	24,500	16,886	16,886	S/. 102,083,800	S/. 101,852,856	26,825

S/. 230,944

Fuente: Elaboración propia

De esta manera, en la adquisición de las 24,500 toneladas brutas de espárragos, se logra un ahorro de S/230,944 respecto a lo que efectivamente se gastó el 2019.

▪ **Propuesta de mejora para la causa Raíz 5: Pronósticos deficientes**

Se tomó como base para hacer mejores pronósticos del año 2019, información de ingresos de espárragos a planta; porcentajes promedio de aprovechamiento y los pedidos efectivos de espárragos en caja para exportación, de los años 2016, 2017 y 2018.

Tabla 16.

Ingresos de esparrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2016

Espárrago para fresco 2016	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total und
Espárrago recibido	1,200	710	1,030	560	1,550	1,302	1,995	2,160	2,030	1,865	2,880	2,164	19,446
% de aprovechamiento	71%	75%	74%	73%	75%	72%	74%	72%	68%	69%	63%	68%	71%
Espárrago aprovechable	852	537	762	408	1,162	942	1,476	1,560	1,380	1,286	1,819	1,471	13,655
Pedidos de fresco	540	465	770	250	775	660	960	1,000	990	880	1,110	916	9,316
Producción de fresco	545	462	762	250	780	660	965	1,000	990	885	1,110	916	
Espárrago reasignado a conserva	307	75	-	158	382	282	511	560	390	401	709	555	
Despacho a clientes	540	462	762	250	775	660	960	1,000	990	880	1,110	916	9,305
Saldo de fresco en almacén	5	-	-	-	5	-	5	-	-	5	-	-	
Venta perdida	-	-	3	8	-	-	-	-	-	-	-	-	11

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17.

Ingresos de espárrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2017

Espárrago para fresco 2017	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total und	
Espárrago recibido	1,557	869	1,306	645	1,982	1,657	2,522	2,737	2,575	2,360	3,650	2,739	24,599	
% de aprovechamiento	60%	75%	73%	74%	72%	73%	71%	74%	69%	68%	65%	68%	70%	
Espárrago aprovechable	934	657	953	477	1,427	1,209	1,790	2,025	1,776	1,604	2,377	1,862	17,091	
Pedidos de fresco	684	586	665	485	1,040	840	1,235	1,330	1,240	1,100	1,455	1,209	11,869	
Producción de fresco	690	582	665	480	1,040	840	1,230	1,330	1,240	1,105	1,455	1,209		
Espárrago reasignado a conserva	244	75	288	-	387	369	560	695	536	499	922	653		
Despacho a clientes	684	582	665	480	1,040	840	1,230	1,330	1,240	1,100	1,455	1,209	11,855	
Saldo de fresco en almacén	6	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-		
Venta perdida	-	-	4	-	-	5	-	-	-	5	-	-	-	14

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18.

Ingresos de espárrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2018

Espárrago para fresco 2018	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total und
Espárrago recibido	1,505	850	1,240	648	1,882	1,566	2,440	2,600	2,477	2,230	3,536	2,602	23,576
% de aprovechamiento	70%	75%	73%	74%	72%	73%	71%	74%	69%	68%	65%	68%	71%
Espárrago aprovechable	1,053	637	905	479	1,360	1,143	1,737	2,019	1,729	1,516	2,318	2,090	16,986
Pedidos de fresco	660	380	965	495	1,010	815	1,110	1,270	1,221	1,065	1,305	1,204	11,500
Producción de fresco	660	380	953	500	1,010	820	1,205	1,290	1,221	1,085	1,626	1,204	
Espárrago reasignado a conserva	393	257	-	-	350	323	532	729	508	431	692	886	
Despacho a clientes	660	380	953	495	1,010	815	1,110	1,270	1,221	1,065	1,305	1,204	11,488
Saldo de fresco en almacén	-	-	-	5	-	5	95	20	-	20	321	-	
Venta perdida	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	12

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19.

Ingresos de espárrago, pedidos y despachos de cajas de fresco año 2019

Espárrago para fresco 2019	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total unid
Espárrago recibido	1,657	769	1,306	645	1,982	2,100	2,079	2,737	2,575	2,360	3,650	2,739	24,599
% de aprovechamiento	60%	75%	73%	73%	65%	74%	68%	69%	70%	68%	65%	72%	69%
Espárrago aprovechable	994	576	953	470	1,288	1,554	1,413	1,888	1,802	1,604	2,372	1,972	16,886
Pedidos de fresco	715	595	950	500	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,426
Maximo para fresco	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Producción de fresco	715	576	950	470	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,377
Espárrago reasignado a conserva	279	-	3	-	198	539	88	468	482	454	1,156	842	
Despacho a clientes	715	576	950	470	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,377
Saldo de fresco en almacén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Venta perdida	-	-	19	-	-	30	-	-	-	-	-	-	49.0

Fuente: Elaboración propia

Se observa en este último cuadro, que el año 2019 se perdió la venta de 49 toneladas de espárrago verde fresco, por rotura de stock, producto de deficiencias en el planeamiento.

Se propone evaluar el uso de pronósticos estacionales o de regresión línea, tomando como base, la data histórica de los años previos. El primer lugar se determinó el índice de estacionalidad de los años 2016, 2017 y 2018, como se muestra seguidamente.

Tabla 20.

Índice de estacionalidad

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Promedio mensual 2016:2018	628	477	800	410	942	772	1,102	1,200	1,150	1,015	1,290	1,110
Promedio anual 2016:2018	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908	908
índice de estacionalidad	0.69	0.53	0.88	0.45	1.04	0.85	1.21	1.32	1.27	1.12	1.42	1.22

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente se determina la línea de regresión de los pedidos 2016-2018, la cual queda graficada seguidamente.

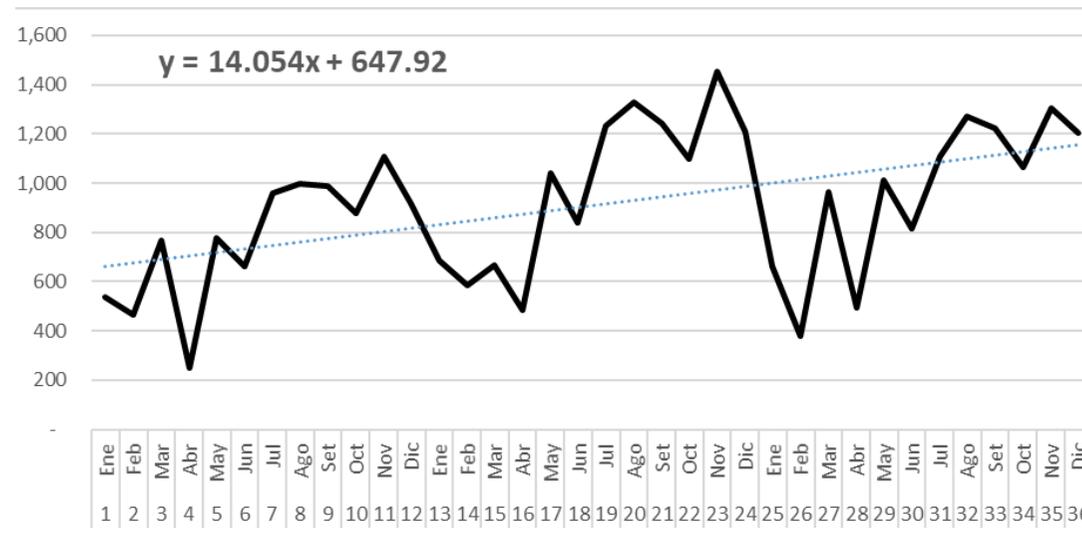


Figura 21. Regresión lineal de pedidos 2016-2018

Fuente: Elaboración propia

A continuación, con la ecuación de la línea de tendencia, se determina el pronóstico por regresión lineal de año 2019 y, además, se calcula para efectos de comparación con la realidad, lo que esta tendencia marca para los años anteriores.

Tabla 21.

Pronóstico por regresión lineal 2019

(X)	MES	PEDIDOS FRESCO (At)	ÍNDICE	PROY. ESTACIO_ NAL (Ft)	PROY. LINEAL	[At - Ft]	Σ [At - Ft]	$\frac{\Sigma[At - Ft]}{x}$	(At - Ft)	$\Sigma(At - Ft)$	Σ
						ERROR ABSOLUTO	Σ ERROR ABSOLUTO	MAD ERROR ABS MEDIO	ERROR NORMAL	Σ ERROR NORMAL	S
1	Ene	540			662.0	122	122	122	540	540	
2	Feb	465			676.0	211	333	167	465	1,005	
3	Mar	770			690.1	80	413	138	770	1,775	
4	Abr	250			704.1	454	867	217	250	2,025	
5	May	775			718.2	57	924	185	775	2,800	
6	Jun	660			732.2	72	996	166	660	3,460	
7	Jul	960			746.3	214	1,210	173	960	4,420	
8	Ago	1,000			760.4	240	1,449	181	1,000	5,420	
9	Set	990			774.4	216	1,665	185	990	6,410	

10	<i>Oct</i>	880	788.5	92	1,757	176	880	7,290
11	<i>Nov</i>	1,110	802.5	307	2,064	188	1,110	8,400
12	<i>Dic</i>	916	816.6	99	2,164	180	916	9,316
13	<i>Ene</i>	684	830.6	147	2,310	178	684	10,000
14	<i>Feb</i>	586	844.7	259	2,569	183	586	10,586
15	<i>Mar</i>	665	858.7	194	2,763	184	665	11,251
16	<i>Abr</i>	485	872.8	388	3,150	197	485	11,736
17	<i>May</i>	1,040	886.8	153	3,303	194	1,040	12,776
18	<i>Jun</i>	840	900.9	61	3,364	187	840	13,616
19	<i>Jul</i>	1,235	914.9	320	3,684	194	1,235	14,851
20	<i>Ago</i>	1,330	929.0	401	4,085	204	1,330	16,181
21	<i>Set</i>	1,240	943.1	297	4,382	209	1,240	17,421
22	<i>Oct</i>	1,100	957.1	143	4,525	206	1,100	18,521
23	<i>Nov</i>	1,455	971.2	484	5,009	218	1,455	19,976
24	<i>Dic</i>	1,209	985.2	224	5,233	218	1,209	21,185

25	<i>Ene</i>	660	999.3	339	5,572	223	660	21,845
26	<i>Feb</i>	380	1,013.3	633	6,205	239	380	22,225
27	<i>Mar</i>	965	1,027.4	62	6,268	232	965	23,190
28	<i>Abr</i>	495	1,041.4	546	6,814	243	495	23,685
29	<i>May</i>	1,010	1,055.5	45	6,860	237	1,010	24,695
30	<i>Jun</i>	815	1,069.5	255	7,114	237	815	25,510
31	<i>Jul</i>	1,110	1,083.6	26	7,141	230	1,110	26,620
32	<i>Ago</i>	1,270	1,097.6	172	7,313	229	1,270	27,890
33	<i>Set</i>	1,221	1,111.7	109	7,422	225	1,221	29,111
34	<i>Oct</i>	1,065	1,125.8	61	7,483	220	1,065	30,176
35	<i>Nov</i>	1,305	1,139.8	165	7,648	219	1,305	31,481
36	<i>Dic</i>	1,204	1,153.9	50	7,698	214	1,204	32,685
37	<i>Ene</i>	715	1,167.9					
38	<i>Feb</i>	595	1,182.0					
39	<i>Mar</i>	950	1,196.0					

40	<i>Abr</i>	500	<i>1,210.1</i>
41	<i>May</i>	1,090	<i>1,224.1</i>
42	<i>Jun</i>	1,215	<i>1,238.2</i>
43	<i>Jul</i>	1,225	<i>1,252.2</i>
44	<i>Ago</i>	1,320	<i>1,266.3</i>
45	<i>Set</i>	1,320	<i>1,280.4</i>
46	<i>Oct</i>	1,150	<i>1,294.4</i>
47	<i>Nov</i>	1,216	<i>1,308.5</i>
48	<i>Dic</i>	1,130	<i>1,322.5</i>

CORRELACION **49%**

Fuente: Elaboración propia

En la siguiente tabla se observa el pronóstico estacional, obtenido multiplicando la proyección por regresión lineal por su respectivo índice de estacionalidad.

Tabla 22.

Pronóstico estacional 2019

(X)	MES	PEDIDOS		PROY. LINEAL	[At - Ft]	Σ[At - Ft]	$\frac{\Sigma[At - Ft]}{X}$	(At - Ft)	Σ(At - Ft)	$\frac{\Sigma(At - Ft)}{MAD}$		
		FRESCO (At)	ÍNDICE ESTACIONAL (Ft)		ERROR ABSOLUTO	Σ ERROR ABSOLUTO	MAD ERROR ABS MEDIO	ERROR NORMAL	Σ ERROR NORMAL	SEÑAL DE RASTREO		
1	<i>Ene</i>	540	1	457.9	662.0	82	82	82	82	82	1	
2	<i>Feb</i>	465	1	355.2	676.0	110	192	96	110	192	2	
3	<i>Mar</i>	770	1	608.1	690.1	162	354	118	162	354	3	
4	<i>Abr</i>	250	0	318.0	704.1	68	422	105	-	68	286	3
5	<i>May</i>	775	1	744.9	718.2	30	452	90	30	316	3	
6	<i>Jun</i>	660	1	622.4	732.2	38	490	82	38	354	4	

7	<i>Jul</i>	960	<i>1</i>	<i>905.6</i>	<i>746.3</i>	54	544	78		54	408	5
8	<i>Ago</i>	1,000	<i>1</i>	<i>1,005.0</i>	<i>760.4</i>	5	549	69	-	5	403	6
9	<i>Set</i>	990	<i>1</i>	<i>981.2</i>	<i>774.4</i>	9	558	62		9	412	7
10	<i>Oct</i>	880	<i>1</i>	<i>881.5</i>	<i>788.5</i>	1	559	56	-	1	411	7
11	<i>Nov</i>	1,110	<i>1</i>	<i>1,140.2</i>	<i>802.5</i>	30	590	54	-	30	380	7
12	<i>Dic</i>	916	<i>1</i>	<i>998.0</i>	<i>816.6</i>	82	672	56	-	82	298	5
13	<i>Ene</i>	684	<i>1</i>	<i>574.5</i>	<i>830.6</i>	109	781	60		109	408	7
14	<i>Feb</i>	586	<i>1</i>	<i>443.8</i>	<i>844.7</i>	142	923	66		142	550	8
15	<i>Mar</i>	665	<i>1</i>	<i>756.7</i>	<i>858.7</i>	92	1,015	68	-	92	458	7
16	<i>Abr</i>	485	<i>0</i>	<i>394.1</i>	<i>872.8</i>	91	1,106	69		91	549	8
17	<i>May</i>	1,040	<i>1</i>	<i>919.8</i>	<i>886.8</i>	120	1,226	72		120	669	9
18	<i>Jun</i>	840	<i>1</i>	<i>765.7</i>	<i>900.9</i>	74	1,300	72		74	744	10
19	<i>Jul</i>	1,235	<i>1</i>	<i>1,110.2</i>	<i>914.9</i>	125	1,425	75		125	868	12
20	<i>Ago</i>	1,330	<i>1</i>	<i>1,227.9</i>	<i>929.0</i>	102	1,527	76		102	971	13
21	<i>Set</i>	1,240	<i>1</i>	<i>1,194.9</i>	<i>943.1</i>	45	1,572	75		45	1,016	14

22	Oct	1,100	1	1,070.0	957.1	30	1,602	73	30	1,046	14	
23	Nov	1,455	1	1,379.9	971.2	75	1,678	73	75	1,121	15	
24	Dic	1,209	1	1,204.1	985.2	5	1,682	70	5	1,126	16	
25	Ene	660	1	691.2	999.3	31	1,714	69	-	31	1,095	16
26	Feb	380	1	532.4	1,013.3	152	1,866	72	-	152	942	13
27	Mar	965	1	905.3	1,027.4	60	1,926	71	60	1,002	14	
28	Abr	495	0	470.3	1,041.4	25	1,950	70	25	1,027	15	
29	May	1,010	1	1,094.7	1,055.5	85	2,035	70	-	85	942	13
30	Jun	815	1	909.0	1,069.5	94	2,129	71	-	94	848	12
31	Jul	1,110	1	1,314.8	1,083.6	205	2,334	75	-	205	643	9
32	Ago	1,270	1	1,450.8	1,097.6	181	2,515	79	-	181	462	6
33	Set	1,221	1	1,408.5	1,111.7	188	2,702	82	-	188	275	3
34	Oct	1,065	1	1,258.5	1,125.8	194	2,896	85	-	194	81	1
35	Nov	1,305	1	1,619.5	1,139.8	314	3,210	92	-	314	233	3
36	Dic	1,204	1	1,410.3	1,153.9	206	3,417	95	-	206	440	5

37	<i>Ene</i>	715	1	807.8	1,167.9
38	<i>Feb</i>	595	1	621.0	1,182.0
39	<i>Mar</i>	950	1	1,053.9	1,196.0
40	<i>Abr</i>	500	0	546.5	1,210.1
41	<i>May</i>	1,090	1	1,269.6	1,224.1
42	<i>Jun</i>	1,215	1	1,052.4	1,238.2
43	<i>Jul</i>	1,225	1	1,519.5	1,252.2
44	<i>Ago</i>	1,320	1	1,673.7	1,266.3
45	<i>Set</i>	1,320	1	1,622.2	1,280.4
46	<i>Oct</i>	1,150	1	1,447.1	1,294.4
47	<i>Nov</i>	1,216	1	1,859.1	1,308.5
48	<i>Dic</i>	1,130	1	1,616.4	1,322.5

CORRELACION 94%

Fuente: Elaboración propia

Se escoge el pronóstico estacional por tener menor desviación media absoluta, MAD, que el de regresión lineal, 95 vs 214.

Además, el pronóstico estacional guarda una correlación de 94% con los pedidos efectivos, mientras que el de regresión lineal, solo es de 49%.

Seguidamente, con los pedidos proyectados, se infiere cuanto espárrago en chacra se debe comprar, considerando el porcentaje de aprovechamiento proyectado, 72%, obtenido en la propuesta de mejora de la causa raíz 4, relativa a la selección óptima de fundos.

Tabla 23.

Cantidad de espárragos en chacra, necesaria para cumplir con pedidos de exportación

	Pedidos proyectados	% aprov proyectado	Tons brutas a pedir
Ene	807.8	72%	1,122.0
Feb	621.0	72%	862.5
Mar	1053.9	72%	1,463.7
Abr	546.5	72%	759.0
May	1269.6	72%	1,763.4
Jun	1052.4	72%	1,461.6
Jul	1519.5	72%	2,110.4
Ago	1673.7	72%	2,324.5
Set	1622.2	72%	2,253.1
Oct	1447.1	72%	2,009.8
Nov	1859.1	72%	2,582.1
Dic	1616.4	72%	2,245.0

Fuente: Elaboración propia

Seguidamente, se reemplaza la proyección de requerimientos de espárragos en chacra, del cuadro anterior y se determina, el beneficio de esta proyección sobre el cumplimiento de las ventas.

Tabla 24.

Validación del pronóstico estacional 2020 sobre las ventas

PROPUESTA 2020	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total unid
<i>Espárrago recibido proyectado</i>	1,122.0	862.5	1,463.7	759.0	1,763.4	1,461.6	2,110.4	2,324.5	2,253.1	2,009.8	2,582.1	2,245.0	20,957.0
<i>% de aprovechamiento esperado</i>	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
Espárrago aprovechable	807	620	1,053	546	1,269	1,052	1,519	1,673	1,622	1,447	1,859	1,616	15,083
Pedidos de fresco	715	595	950	500	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,426
Maximo para fresco	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	
Producción de fresco	715	595	950	500	1090	1015	1325	1420	1320	1150	1216	1130	
Espárrago reasignado a conserva	92	25	103	46	179	37	194	253	302	297	643	486	
Despacho a clientes	715	595	950	500	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130	12,426
Saldo de fresco en almacén	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Venta perdida	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
													0.00%

Fuente: Elaboración propia

Se observa que, con este pronóstico, las ventas perdidas que fueron 49 toneladas, se eliminan por completo.

El tener pronósticos confiables, también permitirá proyectar el requerimiento de mano de obra, de manera que se reduzca o elimine, el incurrir en el pago de sobretiempos, en vez de remuneraciones en horario regular.

Se tiene en consideración que la capacidad máxima de producción de la planta es de 2,000 toneladas mensuales. Mecánicamente se pueden procesar 1,000 toneladas, entre las 3 líneas y las restantes, en mesas de procesamiento manual con 3 operarios, con una capacidad de 140 kilos/hora.

Tabla 25.

Proyección del uso de mano de obra según pronóstico 2020

Mano de obra proyectada 2020	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
<i>Espárrago recibido proyectado</i>	1,122.0	862.5	1,463.7	759.0	1,763.4	1,461.6	2,110.4	2,324.5	2,253.1	2,009.8	2,582.1	2,245.0
% de aprovechamiento	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%	72%
Espárrago aprovechable	807	620	1,053	546	1,269	1,052	1,519	1,673	1,622	1,447	1,859	1,616
Pedidos de fresco	715	595	950	500	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130
Maximo para fresco	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000
Producción de fresco (Tons)	715	595	950	500	1,090	1,015	1,325	1,420	1,320	1,150	1,216	1,130
OPERARIOS REQUERIDOS PROCESO FRESCO												
Capacidad línea mecanizada (Ton/hora)	0.505						328					
Operarios requeridos/Línea-turno	14.000											
Capacidad empaque manual (Ton -mes)	0.140											
Operarios requeridos/mesa-turno	3.000											
Turnos-maquina /mes	177	147	235	124	270	251	270	270	270	270	270	270
Turnos-mesa/mes	-	-	-	-	-	-	209	294	205	53	112	35
Operarios requeridos/día	83	69	110	58	126	117	147	155	146	131	137	129

Fuente: Elaboración propia

De esta manera se aplica los pronósticos en la determinación del requerimiento de mano de obra, que conllevará a la reducción del uso de sobretiempo.

2.6.4. Evaluación Económica y Financiera

2.6.4.1. Inversión de la Propuesta

A continuación, se muestra el valor de la inversión en cada una de las camionetas que se requiere adquirir para la supervisión:

Presente.-
Por medio de la presente, tenemos el agrado de cotizarle el siguiente modelo:

HILUX 4X4 D/C 1GD SR
Año de modelo 2021



Foto

Código	Cant.	Moneda	Precio de Lista	Descuento	Accesorio Adicional	Total US\$	Total S/.
1566	1	Dólares	37,600.00	1,000.00	0.00	36,600.00	134,797.80

Tipo de Cambio: 3.6830

NOTA: Los precios señalados en esta cotización son en dólares americanos. El precio en moneda nacional aparece en cumplimiento de la ley 28300, sólo de manera referencial, al tipo de cambio vigente al momento de la emisión de esta cotización. A los pagos que se realicen en moneda nacional se les aplicará el tipo de cambio vigente en la empresa al momento que efectivamente se realice el pago.

Campañas del mes: Diciembre 2020

Opc 1: BONO \$1,000 + A/C

El color, tamaño, cantidad, modelo, especificaciones, entre otros pueden variar en cada campaña, el detalle de esa información será brindada por el asesor de ventas en cada concesionario en el momento de la cotización y/o durante el proceso de venta.

Forma de Pago : Contado.

Precios : Los precios descritos en la presente cotización incluyen el Impuesto General a las Ventas IGV (18 %).

Vigencia de Precios : - Precios sujetos a variación sin previo aviso.
- El vehículo se entregará sujeto a disponibilidad de stock.

Figura 22. Inversión

Fuente: www.toyotaperu.com.pe, 2020

2.6.4.2. Flujo de Caja Proyectado

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Total
Inversiones														
Camionetas para supervisión fundos (2)	- 269,596													- 269,596
Ingresos														
Reducción de ventas perdidas		13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	13,148	157,780
Optimización compras a fundos		19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	19,245	230,944
Balance e línea		9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	9,000	108,000
Reducción descarte erroneo		3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	3,059	36,708
Reducción sobretiempos		394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	394	4,734
Total ingresos		44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	538,166
Total ingresos actualizados		44,094	43,353	42,625	41,909	41,205	40,513	39,833	39,164	38,506	37,859	37,223	36,598	918,552
Egresos														
Operarios(2)para campaña verano		- 2,000	- 2,000	- 2,000	- 2,000									- 8,000
Capacitación en balance de línea		- 1,500												- 1,500
Capacitación en optimización con Solver			- 1,500											- 1,500
Capacitación en pronósticos				- 1,500										- 1,500
Total egresos		- 3,500	- 3,500	- 3,500	- 2,000									- 12,500
Total egresos actualizados		- 3,441	- 3,383	- 3,327	- 1,869									- 12,020
Flujo bruto		41,347	41,347	41,347	42,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	44,847	525,666
(Impuesto a la renta)		- 12,404	- 12,404	- 12,404	- 12,854	- 13,454	- 13,454	- 13,454	- 13,454	- 13,454	- 13,454	- 13,454	- 13,454	- 157,700
Flujo neto		28,943	28,943	28,943	29,993	31,393	367,966							
Flujo neto actualizado		- 269,596	28,457	27,979	27,509	28,028	28,844	28,359	27,883	27,415	26,954	26,501	26,056	329,603
Tasa BCP activa en soles		20.500% anual												
		1.708% mensual												
VAN		S/.60,008												
TIR		60.639%												
B/C		3.26												
Retorno		0.82												
		10 meses												

Figura 23. Flujo de caja proyectado

Fuente. Elaboración propia

CAPÍTULO 3. RESULTADOS

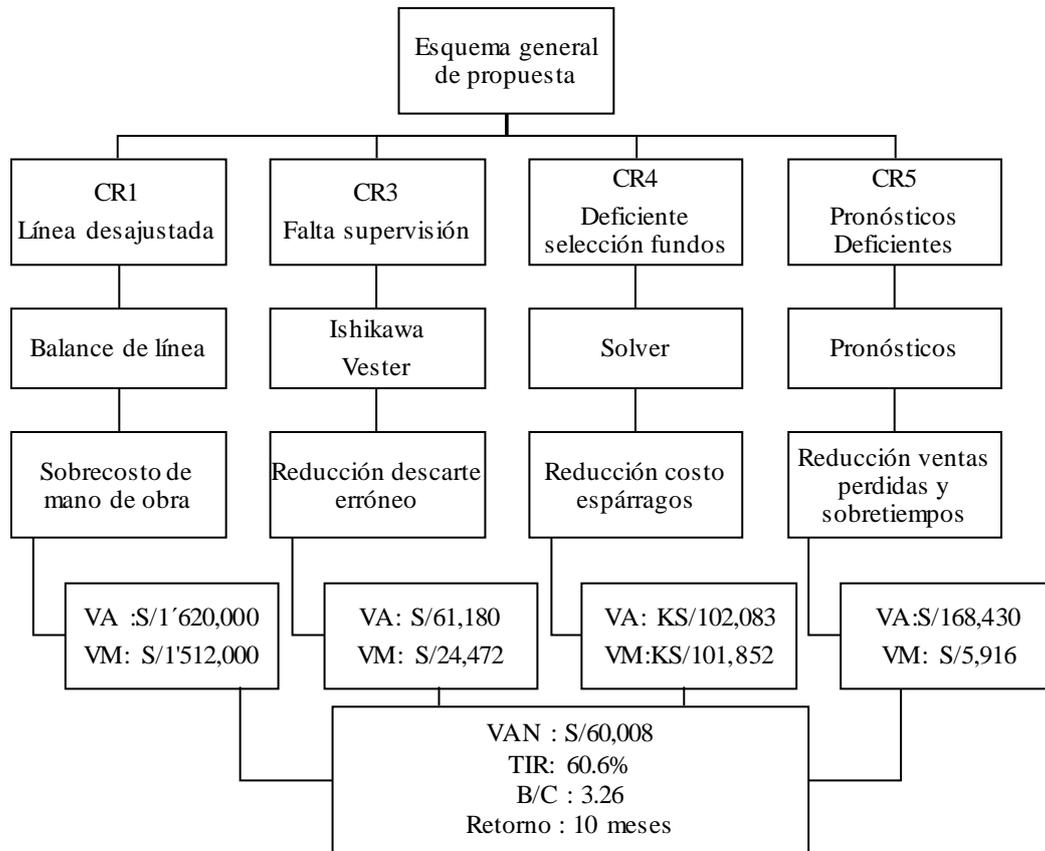


Figura 25. Esquema de la propuesta

Fuente. Elaboración propia

Se determinaron cuatro causas raíz en la gestión de producción, logística y calidad, que impactaban en el bajo nivel de rentabilidad. Para lidiar con cada una de ellas, se propone herramientas de ingeniería que aminoraron las pérdidas. En conjunto, la propuesta de mejora fue analizada económica y financieramente, resultando ser factible por sus indicadores VAN de S/60,008, TIR de 60.6% y B/C de 3.26.

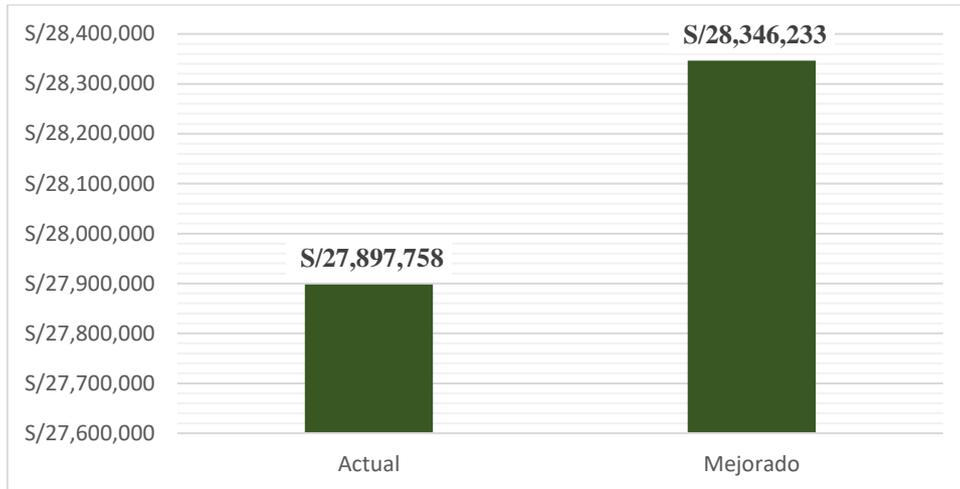


Figura 24. *Resultado del ejercicio*

Fuente: Elaboración propia

Luego de la implementación de la propuesta de mejora, el resultado del ejercicio se incrementa en S/448,475.

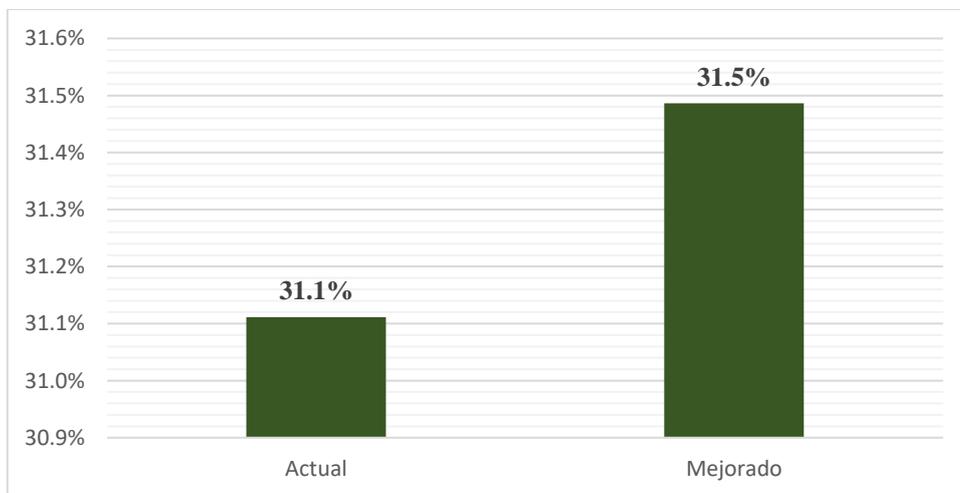


Figura 25. *Rentabilidad sobre las ventas*

Fuente: Elaboración propia

El nivel de rentabilidad sobre las ventas se incrementa en 1.2% respecto al periodo anterior, tras la propuesta de mejora.

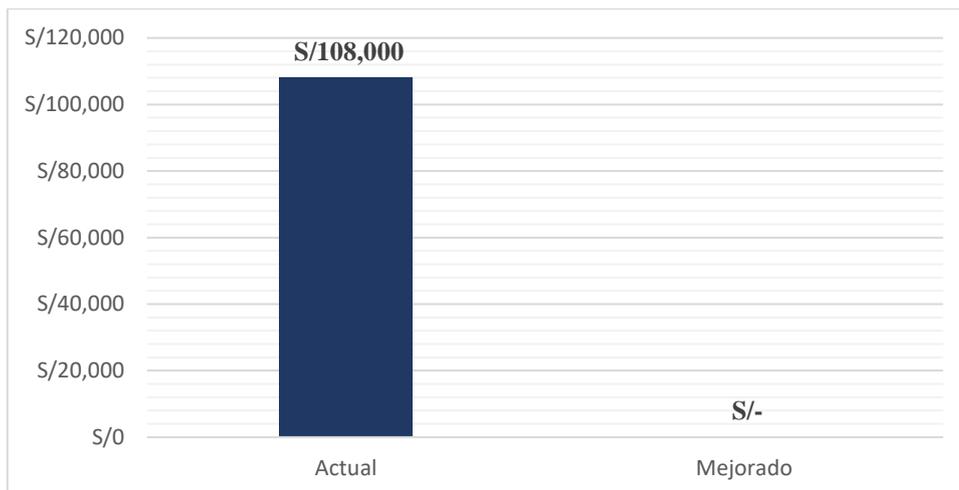


Figura 26. *Pérdida por Causa Raíz 1: Línea desajustada*

Fuente: Elaboración propia

La implementación de un balance de línea dio como resultado la eliminación de las pérdidas por sobre costo de mano de obra, que en el periodo anterior representó S/108,000.

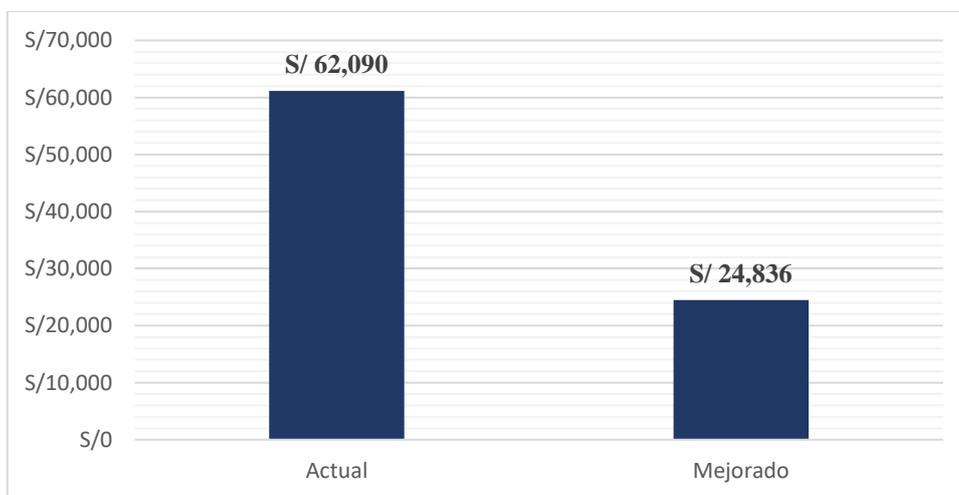


Figura 27. *Pérdidas por Causa Raíz 3: Falta supervisión*

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo del diagrama de Ishikawa y el análisis de la Matriz Vester permitió la reducción de pérdidas por descarte erróneo en S/36,708 respecto al periodo anterior.

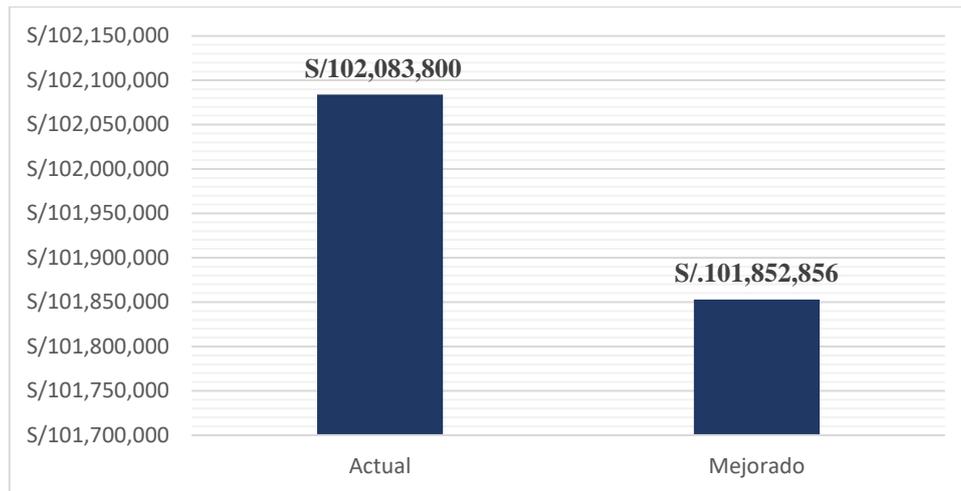


Figura 28. Pérdidas por Causa Raíz 4: Deficiente Selección de Fondos

Fuente: Elaboración propia

La implementación de Solver para la selección de fondos, dio como resultado la reducción del costo de los espárragos en S/ 230,944 respecto al periodo anterior.

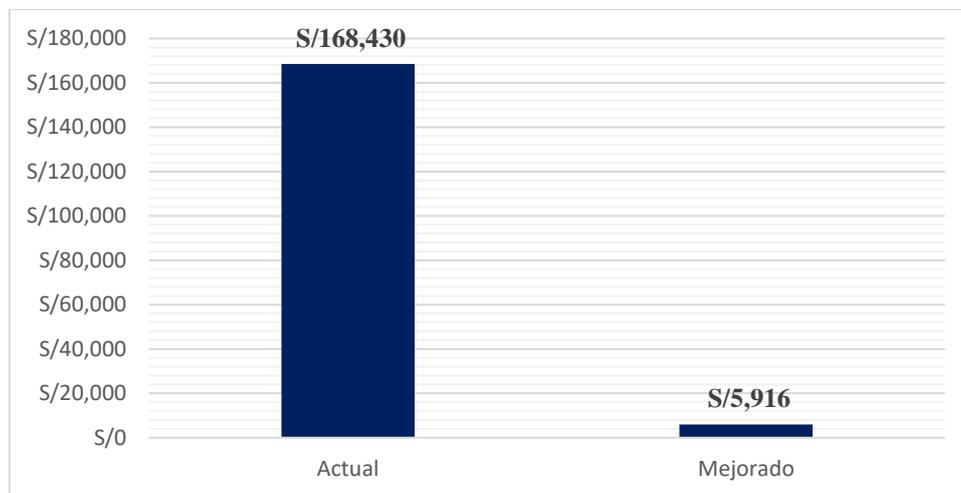


Figura 29. Pérdidas por Causa Raíz 5: Pronósticos deficientes

Fuente: Elaboración propia

El uso de pronósticos de ventas permitió reducir ventas perdidas y sobretiempos en S/162,514 respecto al periodo anterior.

CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

La propuesta de mejora de la presente investigación consta de la implementación de herramientas de la ingeniería industrial.

Es así como se propone un balance de líneas. Este permite obtener un beneficio de S/108,000 debido a la eliminación de las pérdidas por sobre costo de mano de obra.

Si bien es cierto que como afirma Cabrera (2017), en La Libertad una de las ventajas del rubro supone que la mano de obra tiene un costo bajo respecto a otras regiones, el planeamiento y estudio del proceso es clave para desarrollar las actividades productivas de manera eficiente. Por su parte, Asencio (2017) concluye que tras la implementación de un balance de línea logró incrementar el ingreso económico por la producción de cajas de espárrago, brindando un beneficio para la empresa agroindustrial de 20.71% respecto al periodo anterior, equivalente a US\$ 218 880. Para el cálculo porcentual del beneficio obtenido por la implementación del balance de línea, en la presente tesis se consideraron las pérdidas por sobre costo de mano de obra, que se vieron reducidas al 100%.

Respecto a la implementación del balance de línea como propuesta de mejora, Saldaña (2019) afirma en su investigación que permite reducir costos operativos durante el proceso productivo. En conjunto con la implementación de un MRP y VSM, su propuesta brindó un beneficio de S/145,484.97 y el incremento de la productividad del proceso en un 16.76%.

La presente investigación también plantea como parte de la propuesta de mejora, el desarrollo del diagrama de Ishikawa y el análisis de la Matriz Vester permitió un beneficio de S/36,708 al reducir las pérdidas por descarte erróneo. Cabrera (2017)

afirma al respecto que la alta rotación de personal en las empresas agroindustriales es un factor con alto impacto en el nivel de los procesos productivos y los costos logísticos. Regresando a la presente tesis, la Matriz de Vester se complementó la implementación de estas herramientas con la adquisición de camionetas para la supervisión directa. El resultado positivo de esta propuesta se verifica también con lo afirmado por Cardona y Sanz (2007), puesto que en su investigación concluyen que la supervisión y capacitación en la tarea asignada evita reprocesos, fallas y demoras. Para Cabrera, esta supervisión debe ser documentada y detallada a modo de auditoría interna para contar con registros y poder plantear a futuro estrategias para la mejora continua.

Para lograr reducir las pérdidas por desperdicio de materia prima, Asencio optó por realizar un estudio de tiempos que representó a la empresa agroindustrial un ahorro anual de US\$ 129 939,75. Esto supone la reducción de la pérdida en 2.65% respecto al periodo anterior, valor que para la presente tesis es de 60%.

En su estudio, Quispe (2018) afirma que en una empresa agroindustrial el porcentaje de rendimiento, descarte y tocón diagnosticados eran de 79.95%, 2.98% y 13.18%, respectivamente. Mientras que la eficiencia de materia prima en corte era de 80.98%. En cambio, en la presente investigación se determinó que el porcentaje de aprovechamiento del espárrago al final de todo el proceso productivo era de 69%, a su vez que el descarte por error representaba un valor de 0.25%. Para mejorar la situación diagnosticada, Quispe propone, entre otras herramientas, un plan de capacitación y la mejora de métodos de trabajo en la estación de empaque, con lo cual obtiene un incremento del rendimiento de la materia prima a un 85.09%, la reducción de los porcentajes de descarte y tocón a un 2.83% y 8.29%, respectivamente, y el aumento de la eficiencia de materia prima en el proceso de

corte a 86%. En el caso de la presente investigación, el desperdicio por error tuvo una reducción al 10%.

La presente investigación plantea también el uso de pronósticos de ventas brindó un beneficio de S/162,514 gracias a la reducción de ventas perdidas y sobretiempos. Justino y Vargas (2018) afirman que es posible mejorar el indicador de cumplimiento de pedidos más del 26% considerando la implementación de herramientas de la ingeniería como la observación, indicadores de gestión, costeo ABC en almacén, rediseño de layout y mejora en el control de procesos de recepción, almacenamiento y despacho.

4.2. Conclusiones

- La propuesta de mejora mediante la implementación o aplicación de herramientas de la ingeniería industrial en la gestión productiva, logística y de calidad, permite incrementar la rentabilidad sobre las ventas de la empresa en 1.2%, mientras que su utilidad neta se incrementa en S/448,475.
- El diagnóstico de la problemática de la empresa permitió identificar cinco causas raíz: línea desajustada, falta capacitación, falta supervisión, deficiente selección de fondos y pronósticos deficientes. De ellas, gracias al análisis de Pareto, se determina que todas ellas excepto la falta de capacitación son las principales causantes de bajo nivel de rentabilidad.
- Se han propuesto herramientas de Ingeniería Industrial para la solución de las causas raíz identificadas en las áreas producción, logística y calidad. Estas son: balance de línea, Ishikawa, matriz Vester, supervisión, Solver y pronósticos.

- Se determinó la factibilidad económica y financiera de la propuesta con el VAN positivo de S/60,008, un TIR de 60.6%% superior a la tasa impositiva del préstamo bancario; Beneficio/Costo de 3.26 y un retorno de la inversión de 10 meses.

REFERENCIAS

- Asencio Cobián, K. I. (2018). Propuesta de mejora del proceso de empaque en la planta fresco para incrementar la rentabilidad en la empresa Danper Trujillo SAC.
- Bru, J. M., Escoto, R. P., & Sabater, J. P. G. (2004, September). Aplicaciones de la Teoría de los Conjuntos Difusos en la Planificación de la Producción: Un Estudio de la Literatura. In VIII Congreso de Ingeniería de Organización (pp. 101-110).
- Cabrera Vera, J. E., Castro Medina, J. M., Cruzado Castañeda, W. L., & Mego Armas, C. G. Planeamiento estratégico de la industria del espárrago en La región de La Libertad.
- Carruitero, P. B. (2011). Estacionalidad de la demanda de turismo en Argentina (Doctoral dissertation, Universidad Nacional de La Plata).
- Chapman, S. N. (2006). Planificación y control de la producción. Pearson educación.
- Chiavenato, I. (2008). La capacitación en dirección. Herramienta para el cambio estratégico en las organizaciones.
- Dessler, G., & Varela, R. (2011). Administración de recursos humanos. Pearson educación.
- Justino Fabián, H. M., & Vargas Gennell, R. J. (2020). Propuesta de un sistema de gestión de almacenes para mejorar la productividad en la empresa DANPER Trujillo SAC 2018.
- Londoño, L. N. C., & SANZ, J. D. (2007). Proyecto propuesta de mejora de métodos y determinación de los tiempos estándar de producción en la Empresa G & L Ingenieros Ltda (Doctoral dissertation, Universidad Tecnológica de Pereira. Facultad de Tecnologías. Tecnología Industrial).

Marin, J. A. A., Garcia, J. A. G., & Gómez, O. D. C. (2013). Gestión de compras e inventarios a partir de pronósticos Holt-Winters y diferenciación de nivel de servicio por clasificación ABC. *Scientia et technica*, 18(4), 743-747.

Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura gil*. Pearson educación.

Nahmias, S. (2007). *Análisis de la Producción y las Operaciones*. México: McGraw-Hill

Procedimiento para la Gestión de la Supervisión y Monitoreo del Control Interno Vega, L. Nieves, A. (2016)

Ruiz Quispe, G. F. (2018). Propuesta de mejora de métodos de trabajo en el proceso de producción de espárrago verde fresco para incrementar la productividad de la asociación agrícola Comositán Alto.

Saldaña Cabellos, D. A. (2019). Propuesta de mejora en el área de producción para reducir los costos operativos de la línea de producción de espárrago blanco fresco en la empresa Agroindustrial Tal SA.

Soini, Leskela, Seppanen (2004). "Implementation of Line Balance Based Scheduling and Project Control System in a large construction company"; Proceedings IGLC-12, July 2004, Copenhagen, Denmark

Vega-de la Cruz, L. O., & Nieves-Julbe, A. F. (2016). Procedimiento para la Gestión de la Supervisión y Monitoreo del Control Interno. *Ciencias Holguín*, 22(1), 50-68.

ANEXOS

Anexo 1. Muestreo de % de aprovechamiento de espárragos por fundo

Origen	Recibido (Ton)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	Promedio	
Barranca	415	72%	69%	62%	61%	62%	60%	60%	62%	61%	62%	60%	60%	61%	60%	63%	62%	61%										62%
Casma	400	64%	65%	68%	62%	60%	63%	64%	64%	62%	65%	63%	62%	64%	65%	65%	64%	64%										64%
Chiclayo	365	63%	65%	62%	65%	60%	62%	64%	62%	62%	68%	63%	62%	64%	62%	65%	64%	64%										63%
Chimbote	420	72%	73%	71%	73%	70%	72%	64%	72%	74%	68%	73%	71%	64%	72%	65%	72%	73%										71%
Huarmey	380	69%	73%	68%	73%	70%	65%	64%	72%	62%	68%	73%	71%	64%	72%	70%	72%	69%										69%
Paján	505	70%	73%	69%	73%	69%	65%	66%	72%	64%	68%	73%	71%	68%	72%	70%	72%	70%										70%
Pueblo nuevo	715	62%	63%	62%	65%	62%	63%	60%	62%	62%	60%	60%	62%	60%	61%	70%	65%	60%										62%
Virú	340	65%	63%	68%	70%	65%	63%	65%	64%	62%	65%	60%	62%	60%	70%	70%	65%	60%										65%
Compositan 2	6,600	75%	74%	74%	75%	75%	76%	73%	75%	74%	76%	76%	75%	73%	73%	74%	74%	75%	76%	75%	74%	75%	74%	73%	75%	74%		75%
Compositan 3	6,800	74%	74%	74%	73%	75%	75%	73%	75%	74%	73%	72%	75%	73%	73%	74%	74%	72%	76%	72%	74%	74%	74%	73%	73%	74%		74%
Zona Olmos	1,100	72%	72%	70%	69%	74%	71%	70%	71%	73%	71%	73%	72%	72%	72%	73%	69%	72%										72%
Cascajal Olmos	402	70%	72%	70%	69%	70%	71%	70%	71%	69%	71%	66%	68%	72%	70%	73%	69%	72%										70%
San Pedro	737	62%	60%	62%	70%	59%	58%	62%	64%	69%	62%	61%	62%	60%	61%	60%	59%	61%										62%
Muchik	4,820	73%	72%	75%	70%	72%	70%	68%	70%	69%	72%	68%	68%	71%	68%	71%	70%	68%	70%	71%	69%	72%	70%	69%	74%	70%		70%
Zona Chepen	600	60%	61%	60%	60%	61%	65%	66%	60%	65%	62%	61%	60%	60%	62%	60%	60%	61%	58%	58%	56%	56%	60%	61%	61%	62%		61%

Fuente: Elaboración propia

Anexo 2. Estudio de tiempos del proceso mecanizado



	Alimentar 25 kilos de espárragos a faja niveladora		Seleccionar 25 kilos de espárragos en faja niveladora		Ordenar 25 kilos de espárragos en cangilones	
	Tiempo (seg)	t ²	Tiempo (seg)	t ²	Tiempo (seg)	t ²
1	140	19,600	140	19,600	160	25,600
2	130	16,900	130	16,900	150	22,500
3	135	18,225	130	16,900	165	27,225
4	140	19,600	135	18,225	160	25,600
5	130	16,900	120	14,400	155	24,025
6	120	14,400	135	18,225	165	27,225
7	145	21,025	125	15,625	155	24,025
8	135	18,225	140	19,600	155	24,025
9	145	21,025	120	14,400	140	19,600
10	130	16,900	130	16,900	150	22,500

Σ	1,350	182,800	1,305	170,775	1,555	242,325
Tiempo promedio	135.00 seg		130.50 seg		155.50 seg	
Desviación Std	7.82		7.25		7.62	
Tamaño muestra	5		4		3	

Factor de actuación	95%		95%		95%	
Tiempo Normal	128.25 seg		123.98 seg		147.73 seg	

Fatiga	6.41	6.20	7.39
Necesidades	5.13	4.96	5.91

Tpo Std	139.79	seg/25kg	135.13	seg/25kg	161.02	seg/25kg
	5.59	seg/kg	5.41	seg/kg	6.44	seg/kg
	10.73	kg/min	11.10	kg/min	9.32	kg/min



	Alimentar 25 kilos de espárragos a cadena		formado mecánico de 55 Bunch x 454 g		Verificar y corregir el peso de 55 bunches	
	Tiempo (seg)	t ²	Tiempo (seg)	t ²	Tiempo (seg)	t ²
1	670	448,900	300	90,000	310	96,100
2	650	422,500	280	78,400	300	90,000
3	665	442,225	275	75,625	305	93,025
4	650	422,500	300	90,000	295	87,025
5	675	455,625	270	72,900	290	84,100
6	650	422,500	265	70,225	300	90,000
7	640	409,600	275	75,625	290	84,100
8	650	422,500	280	78,400	295	87,025
9	660	435,600	285	81,225	300	90,000
10	630	396,900	260	67,600	305	93,025

Σ	6,540	4,278,850	2,790	780,000	2,990	894,400
Tiempo promedio	654.00 seg		279.00 seg		299.00 seg	
Desviación Std	13.70		13.29		6.58	
Tamaño muestra	1		3		1	

Factor de actuación	95%		95%		95%	
Tiempo Normal	621.30 seg		265.05 seg		284.05 seg	

Fatiga	31.07	13.25	14.20
Necesidades	24.85	10.60	11.36

Tpo Std	677.22	seg/25kg	288.90	seg/25kg	309.61	seg/20kg
	27.09	seg/kg	11.56	seg/kg	12.38	seg/kg
	2.21	kg/min	5.19	kg/min	4.84	kg/min



	Colocar tags a 55 bunches		Poner pañal a 55 bunches		Encajar 55 bunches con pañal en caja x 10	
	Tiempo (t)	t ²	Tiempo (t)	t ²	Tiempo (t)	t ²
1	275	75,625	305	93,025	145	21,025
2	280	78,400	285	81,225	155	24,025
3	265	70,225	280	78,400	140	19,600
4	260	67,600	265	70,225	160	25,600
5	265	70,225	290	84,100	150	22,500
6	280	78,400	285	81,225	145	21,025
7	270	72,900	275	75,625	150	22,500
8	265	70,225	290	84,100	145	21,025
9	260	67,600	270	72,900	140	19,600
10	250	62,500	275	75,625	135	18,225
Σ	2,670	713,700	2,820	796,450	1,465	215,125
Tiempo promedio	267.00 seg		282.00 seg		146.50 seg	
Desviación Std	9.49		11.60		7.47	
Tamaño muestra	2		2		4	
Factor de actuación	95%		95%		95%	
Tiempo Normal	253.65 seg		267.90 seg		139.18 seg	
Fatiga	12.68		13.40		6.96	
Necesidades	10.15		10.72		5.57	
Tpo	276.48	seg	292.01	seg	151.70	seg
Std	11.06	seg/kg	11.68	seg/kg	6.07	seg/kg
	5.43	kg/min	5.14	kg/min	9.89	kg/min



	Paletizado temporal 5 cajas x 10 bunches		Vaciar cajas para eliminar agua, poner bolsa y reempacar		Cerrar la bolsa con liga y paletizado de exportación	
	Tiempo (t)	t ²	Tiempo (t)	t ²	Tiempo (t)	t ²
1	10	100	145	21,025	500	250,000
2	10	100	150	22,500	485	235,225
3	11	121	140	19,600	465	216,225
4	12	144	140	19,600	505	255,025
5	10	100	135	18,225	485	235,225
6	12	144	130	16,900	460	211,600
7	12	144	145	21,025	455	207,025
8	11	121	145	21,025	455	207,025
9	12	144	135	18,225	445	198,025
10	11	121	130	16,900	480	230,400

Σ	111	1,239	1,395	195,025	4,735	2,245,775
Tiempo promedio	11.10 seg		139.50 seg		473.50 seg	
Desviación Std	0.88		6.85		20.42	
Tamaño muestra	9		3		3	

Factor de actuación	95%		95%		95%	
Tiempo Normal	10.55 seg		132.53 seg		449.83 seg	

Fatiga	0.53	6.63	22.49
Necesidades	0.42	5.30	17.99

Tpo	11.49	seg	144.45	seg	490.31	seg
Std	0.46	seg/kg	5.78	seg/kg	19.61	seg/kg
	130.50	kg/min	10.38	kg/min	3.06	kg/min



		Paletizar 5 cajas x 10 bunches	
		Tiempo (t)	t ²
1		10	100
2		10	100
3		9	81
4		10	100
5		9	81
6		10	100
7		11	121
8		9	81
9		9	81
10		10	100
Σ		97	945
Tiempo promedio		9.70 seg	
Desviación Std		0.67	
Tamaño muestra		7	
Factor de actuación		95%	
Tiempo Normal		9.22 seg	
Fatiga		0.46	
Necesidades		0.37	
Tpo		10.04	seg
Std		0.40	seg/kg
		149.34	kg/min

Fuente: Empresa agroindustrial
Elaboración propia