



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“PROPUESTA DE MEJORA MEDIANTE LA IMPLEMENTACIÓN DE HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN PARA REDUCIR COSTOS EN UNA EMPRESA FABRICANTE DE LADRILLOS”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Luis Segundo Espino Carrera

Asesor:

Ing. César Enrique Santos Gonzales

Trujillo – Perú
2020

DEDICATORIA

Esta tesis se lo dedico principalmente a mis padres que, gracias a su apoyo incondicional, lograron convertirme en la persona que soy ahora. También a todas las personas que de alguna u otra manera estuvieron presentes aportando un granito de arena a lo largo de mi carrera.

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, a los docentes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Privada del Norte, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Formulación del problema	22
1.3. Objetivos	23
1.3.1. Objetivo General	23
1.3.2. Objetivos Específicos	23
1.4. Hipótesis	23
CAPÍTULO II. METODOLOGÍA	24
2.1. Tipo de investigación	24
2.2. Métodos	25
2.3. Procedimiento	26
2.3.1. Diagnóstico del área problemática	26
2.3.2. Desarrollo de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP)	35
2.3.3. Desarrollo de Plan Maestro de Producción (MPS)	43
2.3.4. Desarrollo de la Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)	50
2.3.5. Cálculo de inversiones	56

2.3.6. Evaluación económica - financiera	57
CAPÍTULO III. RESULTADOS	59
3.1. Resultados de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP)	59
3.2. Resultados de Plan Maestro de Producción (MPS)	60
3.3. Resultados de Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)	61
3.4. Resumen de resultados	62
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	63
4.1. Discusión	63
4.2. Conclusiones	64
REFERENCIAS	66
ANEXOS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología empleada para la presente investigación	25
Tabla 2. Matriz de priorización de causas raíz	28
Tabla 3. Matriz de indicadores	29
Tabla 4. Cálculo de la pérdida monetaria de CR5	31
Tabla 5. Cálculo de la pérdida monetaria de CR6	32
Tabla 6. Cálculo de la pérdida monetaria de CR3	34
Tabla 7. Cálculo de superficies para cada área	36
Tabla 8. Criterios para poder realizar la evaluación de cercanía	37
Tabla 9. Resumen de TCR de cada área	39
Tabla 10. Pronóstico de la demanda - 2021	44
Tabla 11. Resumen de inversiones	56
Tabla 12. Matriz de resumen de resultados	62

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Reporte global de competitividad (2019)	12
Figura 2. Carta de control de los costos de producción de la empresa estudiada	12
Figura 3. Índice de productividad mensual - Año 2019	13
Figura 4. Punto de equilibrio - Costo estándar vs Costo real	14
Figura 5. Procedimiento y estructura de Plan Maestro de Producción	20
Figura 6. Desarrollo del sistema MRP	21
Figura 7. Ishikawa de la situación problemática en el área de producción	27
Figura 8. Pareto de las causas raíz	28
Figura 9. Horas dedicadas al transporte de productos semielaborados por mes	30
Figura 10. Evolución histórica de las roturas de stock	31
Figura 11. Número de incidencias y horas de paradas por desabastecimiento	33
Figura 12. Procedimiento para implementar SLP	35
Figura 13. Evaluación de relaciones entre las áreas a distribuir	37
Figura 14. Matriz de interrelaciones de áreas	38
Figura 15. Matriz de Relación de Cercanía Total (TCR)	38
Figura 16. Análisis de distribución de planta con Software Corelap 01	39
Figura 17. <i>Layout mejorado</i>	40
Figura 18. Horas de transporte de productos semielaborados - Actual vs Propuesto	41
Figura 19. Carta Gantt para la implementación de SLP	42
Figura 20. Procedimiento para implementar MPS	43

Figura 21. Formato para la elaboración de Plan Agregado de Producción	45
Figura 22. Formato para realizar el cálculo de capacidad de planta	46
Figura 23. Formato de cálculo de Plan Maestro de Producción	48
Figura 24. Carta Gantt para la implementación de MPS	49
Figura 25. Procedimiento para implementar MRP	50
Figura 26. Aspectos técnicos para verificar el MPS	51
Figura 27. Formato de registro de lista de materiales	52
Figura 28. Formato de cálculo de MRP	54
Figura 29. Carta Gantt para la implementación de MRP	55
Figura 30. Formato de evaluación económica de la propuesta de mejora	58
Figura 31. Porcentaje de horas efectivas para la producción	59
Figura 32. Pérdida monetaria generada por CR5	59
Figura 33. Porcentaje de efectividad la planificación de la producción	60
Figura 34. Pérdida monetaria generada por CR6	60
Figura 35. Porcentaje de efectividad del abastecimiento de materiales	61
Figura 36. Pérdida monetaria generada por CR3	61

RESUMEN

Se realizó un trabajo de investigación con el propósito de determinar el impacto de la propuesta de mejora en la Gestión de Producción sobre los costos de una empresa Fabricante de ladrillos; con el supuesto de que los costos se reducirán. La presente investigación por su orientación es del tipo aplicada y por su diseño del tipo diagnóstica y propositiva. Se diagnóstico la situación actual del área de producción identificando una pérdida de S/. 146,335.99 anualmente.

La propuesta de mejora se desarrolló a través de tres herramientas de mejora las cuales fueron: SLP, MPS y MRP obteniéndose resultados significativos entre los principales están: el incremento del porcentaje de horas efectivas para la producción que pasó de 82.89% al 96.11%; el incremento del porcentaje de efectividad la planificación de la producción del 87.25 al 97.43% y el incremento del porcentaje de efectividad del abastecimiento de materiales de un 79.03% hasta el 95%.

Entre los principales resultados obtenidos se encuentra la reducción de las horas improductivas de 45.83 a 7.96 mensualmente, es decir una reducción del 82.62%.

Además, se realizó un análisis económico determinándose que el ahorro anual de las mejoras de S/. 103,039.06 pero será necesario una inversión de S/. 211,572.00 que en su mayoría está conformado por capacitaciones. El evaluar el flujo de caja del proyecto se obtuvo VAN es S/. 33,286.95, el TIR es de 29.81%, B/C de S/.1.25 y el ROI de 2.44 años. Finalmente se llegó a la conclusión que la propuesta de mejora es técnicamente viable y reduce los costos de la empresa.

Palabras claves: SLP, MPS, MRP

ABSTRACT

A research work was carried out in order to determine the impact of the proposal for improvement in Production Management on the costs of a brick manufacturing company; with the assumption that costs will be reduced. The present investigation, due to its orientation, is of the applied type and because of its design of the diagnostic and purposeful type. The current situation of the production area was diagnosed, identifying a loss of S / 146,335.99 annually.

The improvement proposal was developed through three improvement tools which were: SLP, MPS and MRP, obtaining significant results among the main ones: the increase in the percentage of effective hours for production, which went from 82.89% to 96.11%; the increase in the percentage of effectiveness of production planning from 87.25 to 97.43% and the increase in the percentage of effectiveness of the supply of materials from 79.03% to 95%.

Among the main results obtained is the reduction of unproductive hours from 45.83 to 7.96 per month, that is, a reduction of 82.62%.

In addition, an economic analysis was carried out, determining that the annual savings from the improvements of S / 103,039.06 but an investment of S / 211,572.00, most of which is made up of training sessions. To evaluate the cash flow of the project, the NPV was obtained is S / 33,286.95, the IRR is 29.81%, B / C of S / 1.25 and the ROI of 2.44 years. Finally, it was concluded that the improvement proposal is technically feasible and reduces the company's costs.

Keywords: SLP, MPS, MRP

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

El sector de la construcción es una industria antigua, que desde los últimos años ante la globalización y el crecimiento poblacional ha presentado un incremento exponencial de la demanda en sus diversas áreas. Pero la pregunta surge ¿que tanto ha crecido o prosperado las empresas peruanas en el sector construcción ante este eminente auge? Según Loayza (2016) durante la última década el Perú vivió una bonanza económica que provocó que muchas empresas flexibilizaran sus egresos debido a que a pesar de todo obtenían buenos resultados. Pero en un contexto de menor crecimiento económico como es la situación actual en el 2020, en plena pandemia, donde las empresas deben revisar internamente sus estrategias si no quieren obtener pérdidas, para esto deben partir por reevaluar sus costos y redimensionar sus operaciones.

Como se mencionó la última década ha sido, sin duda, uno de los mejores periodos de la historia republicana peruana debido al crecimiento económico que experimentó el país. En este contexto, en el rubro de la construcción se crearon un gran número de empresas, las mismas que aprendieron a hacer negocios en un entorno favorable, en donde los egresos que se generan no son cuestionados en gran medida. Sin embargo, ante la situación particular y mediática que atraviesa el mundo que hace que la economía crezca a un menor ritmo, muchas de ellas han sido tomadas desprevenidas y su capacidad de reacción no es la adecuada para este nuevo panorama. Los costos deben ser gestionado de manera correcta y buscar la manera de reducirlos mediante implementación de herramientas de mejora en gestión de las empresas. (Durand, 2017)

Para tener un mejor panorama que tan competitivas son las empresas peruanas frente a los países sudamericanos en la Figura 1 se muestra una comparativa de los principales factores evaluados para la competitividad de una empresa. Es claro que las

empresas peruanas manufactureras aún se encuentran por debajo de las empresas de los países vecinos, esto debido a una falta de control de los costos y gastos.

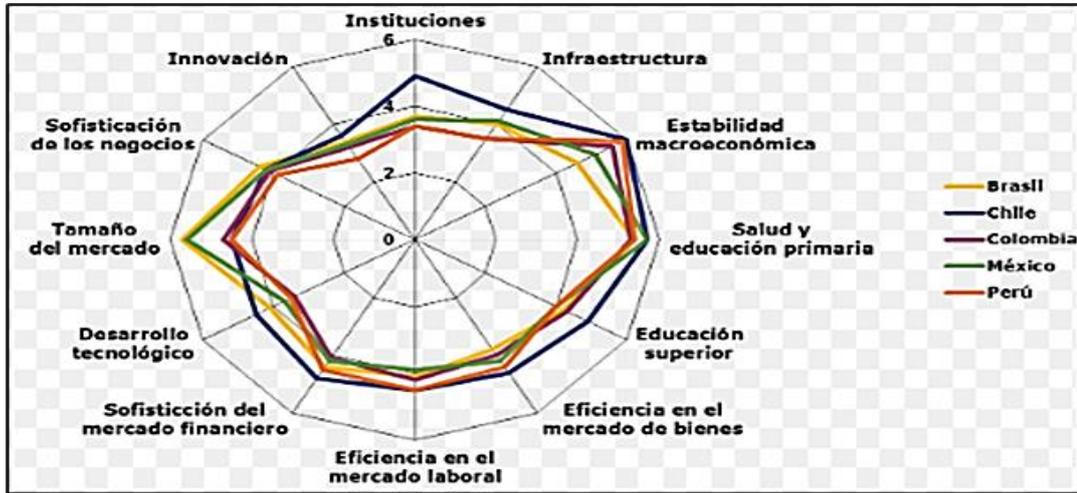


Figura 1. Reporte global de competitividad (2019)

Fuente: Rivera, J. , Churampi, E., & Barzola, V. (2019)

Para la presente investigación se estudia un caso en particular, una empresa ladrillera de la ciudad de Trujillo, que no escapa de la realidad actual de la industria peruana, por ejemplo, en la Figura 2 se puede observar la Gráfica de control de los costos donde se evidencia que los costos no se vienen gestionando de manera adecuada y se encuentran fuera de control superando el límite de control superior y muy por encima los costos estándar.



Figura 2. Carta de control de los costos de producción de la empresa estudiada

Fuente: Empresa ladrillera

Otro factor que indica una mala gestión sobre los costos, es el índice de productividad total, que de maneral se tiene un promedio mensual de 1.14 muy por debajo del estándar promedio que es de 1.65, lo que representa un déficit de -0.51 es decir se está obteniendo menos ingresos por los costos empleados.

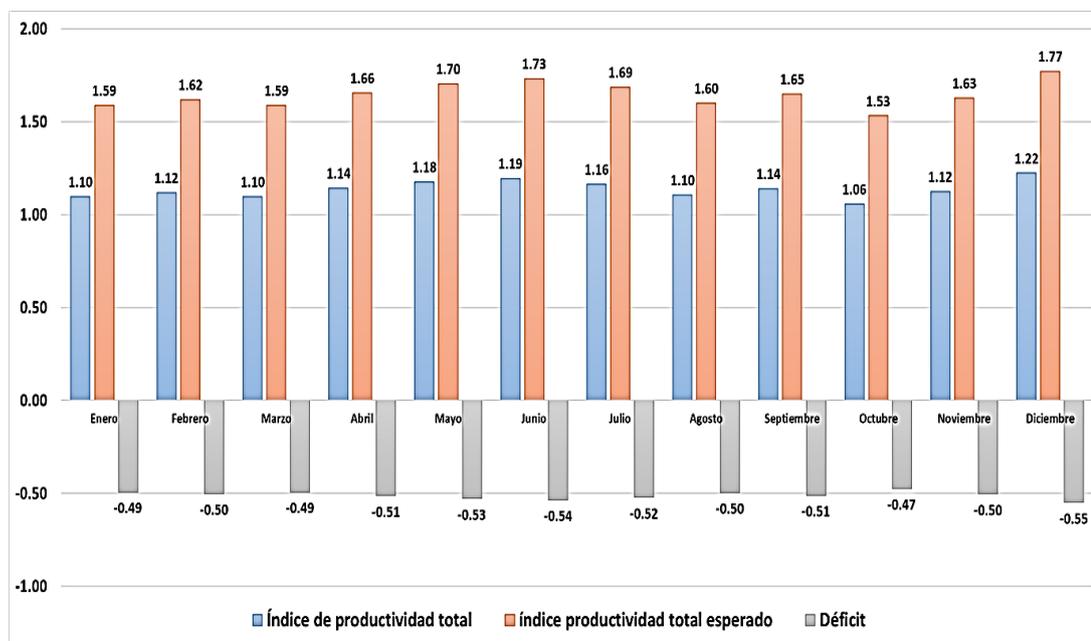


Figura 3. Índice de productividad mensual - Año 2019

Fuente: Empresa ladrillera

Esta situación nos genera nuevas preguntas ¿existen herramientas de mejora que ayude con la gestión de la producción y que permita controlar los costos? Según Maquera (2019) para lograr reducir costos, una empresa debe favorecer el mejoramiento de sus procesos, obteniendo una mejora en el flujo de producción, con sus operaciones bajo control, permitiendo tomar mejores decisiones de negocios y ponerlas en práctica con mayor rapidez.

A partir de lo anterior entonces si se hace un análisis de punto de equilibrio (ver Figura 4) para poder reconocer la cantidad de ingresos que se necesitará la empresa estudiada para cubrir sus gastos antes de que pueda lograr una ganancia. Y como se observa en la figura durante el último año en la empresa se ha marcado una clara brecha donde el punto de equilibrio promedio real actual es de S/. 45,000.00 muy por encima de los S/.

27,450.00 que representa los costos estándar de la empresa, es decir existe pérdida monetaria de S/. 17,550.00 mensualmente. Evidentemente este monto pasa desapercibido porque está inmerso en los costos de fabricación es decir pasa totalmente desapercibido y como el margen de ingresos aún resulta beneficioso para la empresa es ignorado totalmente.

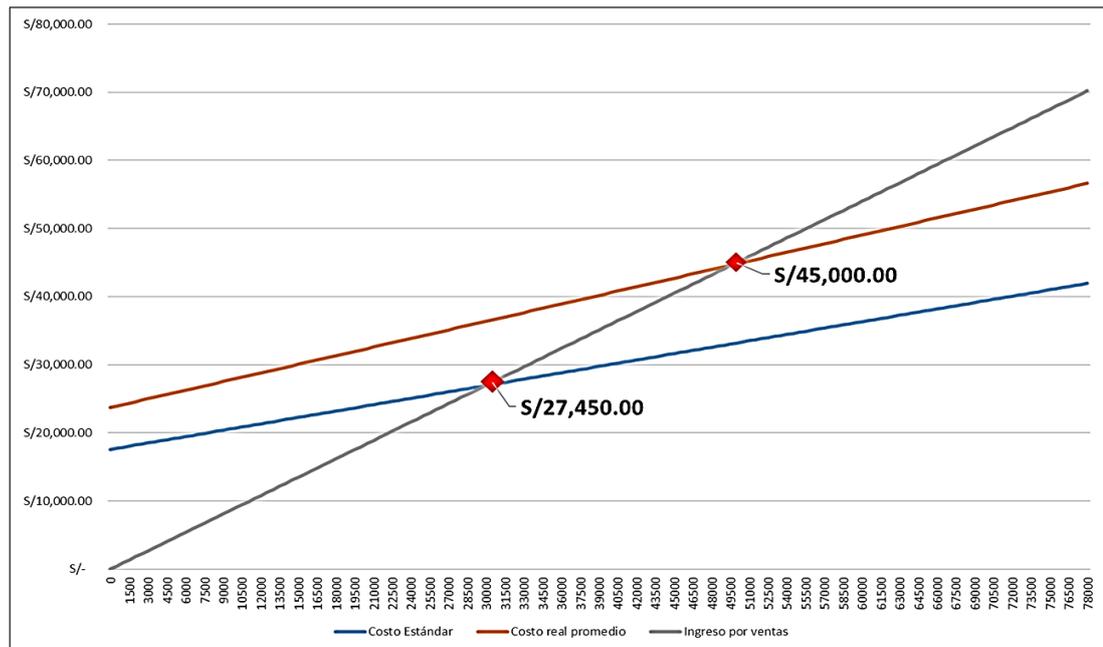


Figura 4. Punto de equilibrio - Costo estándar vs Costo real

Fuente: Empresa ladrillera

Conociéndose que al existir diversas herramientas de mejora que ayudarían a mejorar la gestión actual y que puede concretarse en una propuesta, valdría comprobar el impacto que estas tienen sobre los costos de la empresa estudiada.

ANTECEDENTES

Internacional

Se encontró el estudio relacionado a la presente investigación realizado por Moraga (2017) titulado: *“Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa MV Construcciones Ltda de la comuna de Llanquihue”*. Que tuvo como objetivo generar una propuesta de distribución de planta

para la futura infraestructura de la empresa, mediante la aplicación de diversas herramientas de Ingeniería Industrial. La empresa analizada presentaba dificultad para establecer una correcta distribución de su nueva planta ya que el presupuesto era limitado y requería optimizar la inversión para que no sea necesarios realizar futuros cambios durante el futuro cercano. La metodología usada para realizar la propuesta de mejora fue el “*Systematic Layout Planning*” (SLP) el cual desarrollaron a través de cuatro etapas: análisis del recorrido de los productos, análisis de las relaciones entre actividades, diagrama relacional de recorridos y diagrama relacional de espacios. Entre los principales resultados obtenidos fue la reducción del 83% de los tiempos de cuello de botellas y un ahorro del 57% de los costos de fabricación. Finalmente, la investigación concluye que con la metodología SLP se puede encontrar la forma más ordenada y eficiente de organizar los equipos y áreas de trabajo para fabricar de la forma más económica y eficiente, al mismo tiempo que segura y satisfactoria para el personal que realiza el trabajo.

También se halló la investigación de Franco & González (2019) titulado: “***Rediseño de una línea de producción para una empresa procesadora de barra de cereales***”. Que tuvo como objetivo general rediseñar una línea de producción de barra de cereales para la reducción de tiempo y mermas del proceso sin cambiar las características del producto. La investigación analiza el caso de una empresa que presenta inconvenientes ante el incremento de sus costos operativos debido a los tiempos improductivos generados por la mala distribución actual. Los investigadores desarrollan su propuesta de mejora mediante el desarrollo de metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta. Como principales resultados obtenidos fue la reducción del costo por barra de cereal de \$1.25 a \$0.60 y un incremento del 21% de margen de contribución. La investigación concluye que con el ahorro obtenido y tras el análisis

económico la propuesta de mejora desarrollada a través de la metodología SLP tiene un impacto positivo sobre sus costos permitiéndole ser más competitiva.

Nacional

A nivel nacional se encontró la tesis de Pedraza & Zúñiga (2017) titulada: ***“Planeación Y Control De La Producción Aplicando El Plan Maestro, Plan Agregado Y Mrp Para Incrementar La Productividad En La Empresa Renisal SAC”***. Tuvo como finalidad aplicar mejoras en la planeación y control de la producción para incrementar la productividad en la empresa Renisal SAC. La empresa investigada presentaba un descenso en los índices de productividad de los últimos periodos viéndose la necesidad de revisar y buscar mejoras en sus operaciones. La investigación desarrolló la propuesta de mejora mediante las metodologías del Pla Maestro de Producción, Plan Agregado y MRP con la intención de establecer un sistema que planifique y controle con mayor precisión la producción. Entre los principales resultados se obtuvo una reducción del 43% de las incidencias relacionadas a la falta de control de la producción, así como el incremento de la productividad en un 56%. La investigación concluye que, mediante el desarrollo de un Plan Maestro, un Plan Agregado y un MRP se obtiene un mejor control de los requerimientos que se necesitan en la producción de la empresa Renisal S.A.C.

Por otro lado, en la investigación de Laura (2019) titulada: ***“Diseño y aplicación de un plan maestro de producción para aumentar la eficiencia productiva en una empresa de bisagras.”*** Tuvo como objetivo principal aumentar la productividad en la empresa de producción de bisagras, utilizando el Plan Maestro de Producción. El investigador analiza como la empresa fue perdiendo competitividad durante los últimos periodos al bajar su productividad debido a problemas con la planificación de la producción. Ante esta circunstancia desarrolla su propuesta de mejora mediante un

Plan Maestro de Producción que permitió planificar la producción de manera sistemática reduciendo el margen de error. Como principales resultados obtuvo una precisión mayor del 80% en los pronósticos de la producción, un 100% de cumplimiento del plan de producción y una mejora significativa de 7.3% de la productividad. Finalmente concluye que con la implementación de una Plan Maestro de Producción se logra optimizar la gestión de la producción teniendo mejoras significativas en la productividad de la empresa.

Local

A nivel local Se encontró el estudio realizado por Castillo & Arana (2017) titulado: *“Propuesta de un sistema MRP para incrementar la productividad en la línea de fabricación de calzados de la empresa Estefany Rouss, Trujillo”*. Tuvo como objetivo general determinar la influencia de un sistema MRP en la productividad de la línea de fabricación de calzados en la empresa Estefany Rouss. Donde se aborda la problemática de la falta de gestión de requerimientos de materiales y el impacto sobre la productividad de la empresa. La metodología empleada fue el desarrollo de un sistema MRP basado en un modelo determinístico que permite calcular con precisión los requerimientos de materiales considerando aspectos de lead time y stock de seguridad. El resultado principal obtenido es el incremento de su productividad en un 28.17%. Finalmente concluye que implementar el sistema MRP asegura que todos los materiales y componentes estén disponibles en el momento que son necesarios y en la cantidad requerida.

BASES TEÓRICAS

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN

Según Vilcarromero (2017) sostiene que la gestión de producción es el conjunto de herramientas administrativas, que va a maximizar los niveles de la productividad de

una empresa, por lo tanto, la gestión de producción se centra en la planificación, demostración, ejecución y control de diferentes maneras, para así obtener un producto de calidad).

Además de estos Riesco (2005) agrega que aplicando la gestión de producción es posible que los distintos departamentos y divisiones dentro del negocio alcancen los niveles de rendimiento óptimos y que esto proporcione grandes ventajas al futuro de la entidad. Para ello, siempre se contempla que se cumplan las tres directrices que representan este proceso de gestión: el volumen de gastos se consiga reducir, los plazos de entrega de los distintos procesos de producción se ajustan para que se cumplan en todo momento y la calidad se garantiza en todo momento.

PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (SLP)

DEL RÍO (2003) señala que el estudio de metodologías para el diseño de distribuciones en planta industriales, se produjo fundamentalmente en la década de los años 50, y entre sus autores destacan Immer (1950) y Buffa (1955). Por otro lado, Muther (2015) agrega que es importante incorporar el flujo de materiales, y es común para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza: plantas industriales, hospitales, oficinas, locales comerciales, etc. Además, Pérez (2008) comparan varias metodologías en su documento sobre las metodologías para la resolución de problemas de layout y concluyen que:

- El SLP ha sido la metodología más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza.
- Las propuestas metodológicas precedentes al SLP son simples e incompletas y las desarrolladas con posterioridad son en muchos casos variantes más o menos

detalladas de dicho método y no han logrado el grado de aceptación de la de Muther.

- El SLP reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos.
- La amplia aceptación del SLP, y la extensión que los tres modelos de distribuciones básicas han tenido, ha sido la causa de que no haya habido posteriores investigaciones de relieve en este contexto. Los estudios posteriores, se han centrado en los dos pasos fundamentales del procedimiento: la generación de alternativas de distribución y la evaluación y selección de las mismas.

PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)

Según Cruelles (2012) sostiene que el Plan Maestro de Producción es una calendarización que refleja la capacidad real de cada proceso de la cadena de producción, así como la demanda de productos. Esta última se calcula a partir de los pedidos del cliente, o bien, por la demanda esperada. Además, Gaither & Frazier (2000) agregan que los objetivos del PMP van mucho más allá que la simple mejora de nuestros niveles de cumplimiento de la demanda: también podemos conseguir que en cada proceso de producción aprovechemos de manera óptima los materiales y recursos con los que contamos. El proceso de un MPS siempre comienza por conocer los niveles de inventario, la capacidad de producción y los requerimientos de entrega de los clientes, o bien, la demanda que se espera tener.

Un buen plan ha de ser realista, ajustando la planificación con la capacidad real en cada proceso de producción sin buscar que la demanda del cliente sea fabricada en plazos imposibles. Ante todo, realista teniendo en cuenta los recursos de la fábrica.

Para hacerlo tiene que hacerse el desarrollo de la primera versión con un borrador inicial y la planificación de la capacidad de global para poder determinar que las cantidades de fabricación asumidas son alcanzables en el plazo de entrega establecido.

Según los autores Chase, Jacobs, & Aquilano (2000) es preciso conocer las necesidades de entrega de los clientes y ver cómo ajustar los niveles de capacidad con los de producción, determinar los niveles de inventario y ajustar esto en función de la estrategia de producción que tenga la empresa.

Si la capacidad de producción está sobrecargada, debe revisarse el plan para ajustar las prioridades de producción o volviendo a planificar los plazos de entrega de los productos que se fabrican a corto o medio plazo. El enfoque de este plan depende de la demanda o estrategia de producción de cada empresa.



Figura 5. Procedimiento y estructura de Plan Maestro de Producción

Fuente: Cruelles (2012)

PLANIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

Según los autores Chase, Jacobs, & Aquilano (2000), El MRP es una pieza clave de lógica que enlaza las funciones de producción desde el punto de vista de control y de planificación de material. MRP es ya casi universal en empresas de manufactura, incluso en las consideradas pequeñas. La razón es que la MRP es un método lógico, que se entiende fácilmente, para el problema de determinar el número de piezas, componentes y materiales necesarios para producir todo artículo final.

Según Vásquez (2015) la planificación de requerimientos de materiales (MRP o Material Requirements Planning en inglés) es un sistema de planificación de la producción, programación y control de stocks, utilizado para gestionar procesos de fabricación. A partir del MRP se crea el Plan Maestro de Producción. Poma (2015) agrega que la mayoría de los sistemas MRP se gestionan mediante un software, pero también es posible realizar el MRP manualmente, dependiendo de la cantidad de piezas a organizar. A continuación, en la Figura 10 se muestra el procedimiento de implementación de un sistema MRP.

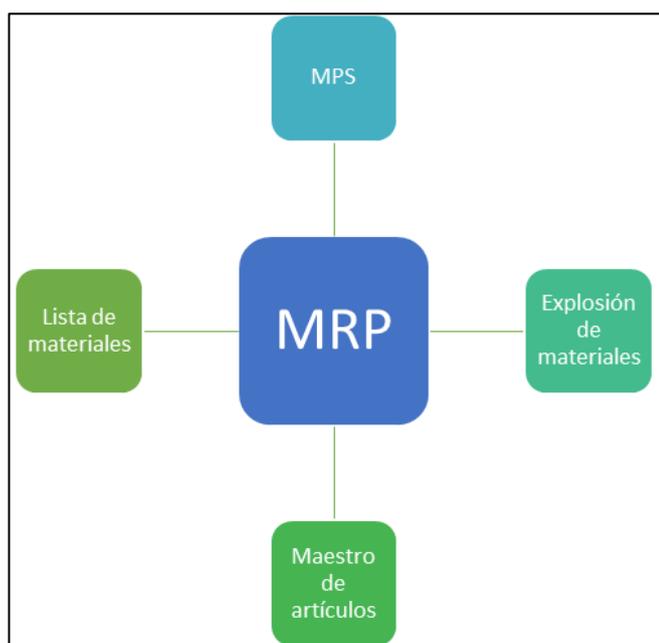


Figura 6. Desarrollo del sistema MRP

Fuente: Elaboración propia

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora mediante la implementación de herramientas de Gestión de la Producción sobre los costos de una empresa fabricante de ladrillos?

1.3. Justificación de la investigación

Justificación Teórica

La presente investigación se justifica a partir de que aporta al conocimiento existente sobre la metodología de Gestión de la Producción, utilizando sus principales técnicas y herramientas para la reducción de los costos de la producción, cuyos resultados de esta investigación podrá sistematizarse en una propuesta de mejora para ser incorporado como conocimiento en las áreas de investigación de Ingeniería Industrial, ya que se estaría demostrando que el uso de estas herramientas tienen un impacto sobre el costos de fabricación de las empresas.

Justificación práctica

Por otro lado, actualmente la empresa fabricante de ladrillos analizada en la presente investigación. presenta dificultades en el área de producción que repercute sobre la gestión de sus costos, por lo que en la investigación se realiza un diagnóstico exhaustivo identificando las principales causas que originan el problema principal, donde la solución del problema tiene un fin trascendental, que está enfocado a buscar la reducción de pérdidas monetarias, optimizando los indicadores y la productividad, logrando de esta manera reducir costos.

Justificación metodológica

La investigación establece un conjunto de directrices que permiten orientar el desarrollo de cualquier proceso dirigido a formular soluciones de despilfarro en la producción, mejoras de tiempo de fabricación y rentabilidad, considerando el tipo y

diseño de investigación, instrumentos de recolección de datos y los procesos de análisis de resultados.

Justificación académica

Finalmente, la relevancia académica de esta investigación parte desde la aplicación de los conocimientos específicos obtenidos durante la carrera profesional, los cuáles se aplican en un contexto real, con lo cual se busca ayudar a posteriores generaciones de estudiantes, los cuales necesitarán contar con información accesible sobre proyectos que involucren áreas de conocimientos en donde se apliquen las herramientas propias de la carrera.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el impacto de la propuesta de mejora mediante la implementación de herramientas de Gestión de la Producción sobre los costos de una empresa fabricante de ladrillos.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación problemática en el área de producción de una empresa fabricante de ladrillos.
- Desarrollar las metodologías de las herramientas de Gestión de la Producción.
- Evaluar económicamente la propuesta de mejora mediante la implementación de herramientas de Gestión de la Producción.

1.5. Hipótesis

La propuesta de mejora mediante la implementación de herramientas de Gestión de la Producción reduce los costos en una empresa fabricante de ladrillos.

CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo de investigación

Por la orientación: Investigación aplicada.

Por el diseño: Investigación diagnóstica y propositiva.

2.2. Metodología

Población y muestra

Población: Todos los procesos de la empresa fabricante de ladrillos

Muestra: Proceso de producción de la empresa fabricante de ladrillos

Técnicas de obtención de datos

Entrevista: Se establece así un diálogo, pero un diálogo peculiar, asimétrico, donde una de las partes busca recoger informaciones y la otra se nos presenta como fuente de estas informaciones. Para este caso las entrevistas que se hicieron fueron con el gerente y los jefes de las áreas de producción y logística.

Observación: Esta técnica es muy útil para el proyecto de investigación, consiste en observar a las personas cuando efectúan su trabajo. El propósito de la observación es múltiple, permite al analista determinar que se está haciendo, como se está haciendo, quien lo hace, cuando se lleva a cabo, cuánto tiempo toma, donde se hace y porque se hace.

Diagrama de flujo y de operaciones: Es una representación pictórica de los pasos en proceso. Útil para determinar cómo funciona realmente el proceso para producir un resultado.

Instrumentos

Encuesta: es un instrumento para recolección de información, que es llenado por un entrevistador. Teniendo como objetivo unificar la observación, fijar la atención en los

aspectos esenciales del objeto de estudio, en este caso es el de averiguar si cumplen o no con los componentes de información y comunicación del sistema de control interno. Separando problemas y precisar los datos requeridos. Se debe tener en cuenta que el cuestionario será simple, con términos claros, precisos en redacción sencilla, con preguntas cerradas. Se entrevistará a todo el personal de la empresa.

Hojas de observación: estos instrumentos permiten apuntar y describir el contexto observado y la realidad problemática dentro de la empresa.

2.3. Métodos

A continuación, en la Tabla 1 se detalla la metodología establecida para llevar a cabo esta investigación.

Tabla 1.
Metodología empleada para la presente investigación

ETAPA	PROCEDIMIENTO
Diagnóstico	En esta primera etapa se busca analizar, identificar, describir y cuantificar las principales causas raíz que generan el problema principal estudiado. El diagnóstico estará dividido en dos partes. La parte cualitativa para identificar y describir las causas raíz mediante un Diagrama de Ishikawa y la parte cuantitativa para monetizar las pérdidas económicas que genera cada causa raíz, para finalmente en una matriz poner los indicadores y herramientas de mejora seleccionadas.
Desarrollo de la propuesta de mejora	En esta etapa se desarrollará cada herramienta de mejora seleccionado, describiendo y explicando la metodología para la implementación de cada una de estas y posteriormente medir los resultados obtenidos.
Análisis económico financiero	En esta última etapa se calculará la inversión requerida para llevar a cabo la implementación de cada herramienta, el periodo de evaluación del proyecto, la tasa con la que se evaluará el proyecto y el cálculo de los principales indicadores económicos. VAN, TIR y RBC. Con el propósito de verificar si la propuesta es económicamente viable para la empresa.

Fuente: Elaboración Propia

2.4. Componente ético de la investigación

Toda información considerada en la presente investigación, se incluye tomando en cuenta el respeto por la autoría hacia las fuentes originales. Por la naturaleza del estudio, se usó información pública y disponible a todo usuario, por lo que no aplica el consentimiento informado. La investigación toma la información de cada fuente sin alterar el sentido dado.

2.5. Procedimiento

2.5.1. Diagnóstico del área problemática

Para realizar la parte cualitativa del diagnóstico se realizó un análisis de Ishikawa (ver Figura 7) empleando el criterio de las 6M, logrando identificar las causas raíz que generan el problema general. De las seis causas raíz identificadas era necesario poder priorizar aquellas que son las que se presentan de manera más frecuente, y que representan una mayor relevancia en el problema general. De todas las causas identificadas, hay aquellas que requieren un análisis más exhaustivo, para encontrar una solución y otras que su solución pasa por una simple toma de decisiones administrativas, por eso mediante una encuesta (Anexo 01), se consultó al personal para poder calificar cada causa raíz de acuerdo a la relevancia del problema y la frecuencia con la que se presenta, los resultados se resumen en la Tabla 2 y en la Figura 8 se muestra el análisis de Pareto, donde fueron tres las causas raíz seleccionadas para realizar la investigación. Con el análisis de Pareto se pudo llegar a la conclusión de que son tres las principales causas raíz que originan el 80% del problema los cuales son: falta de una correcta distribución de planta, falta de planificación de la producción, falta de planificación de requerimiento de materiales.

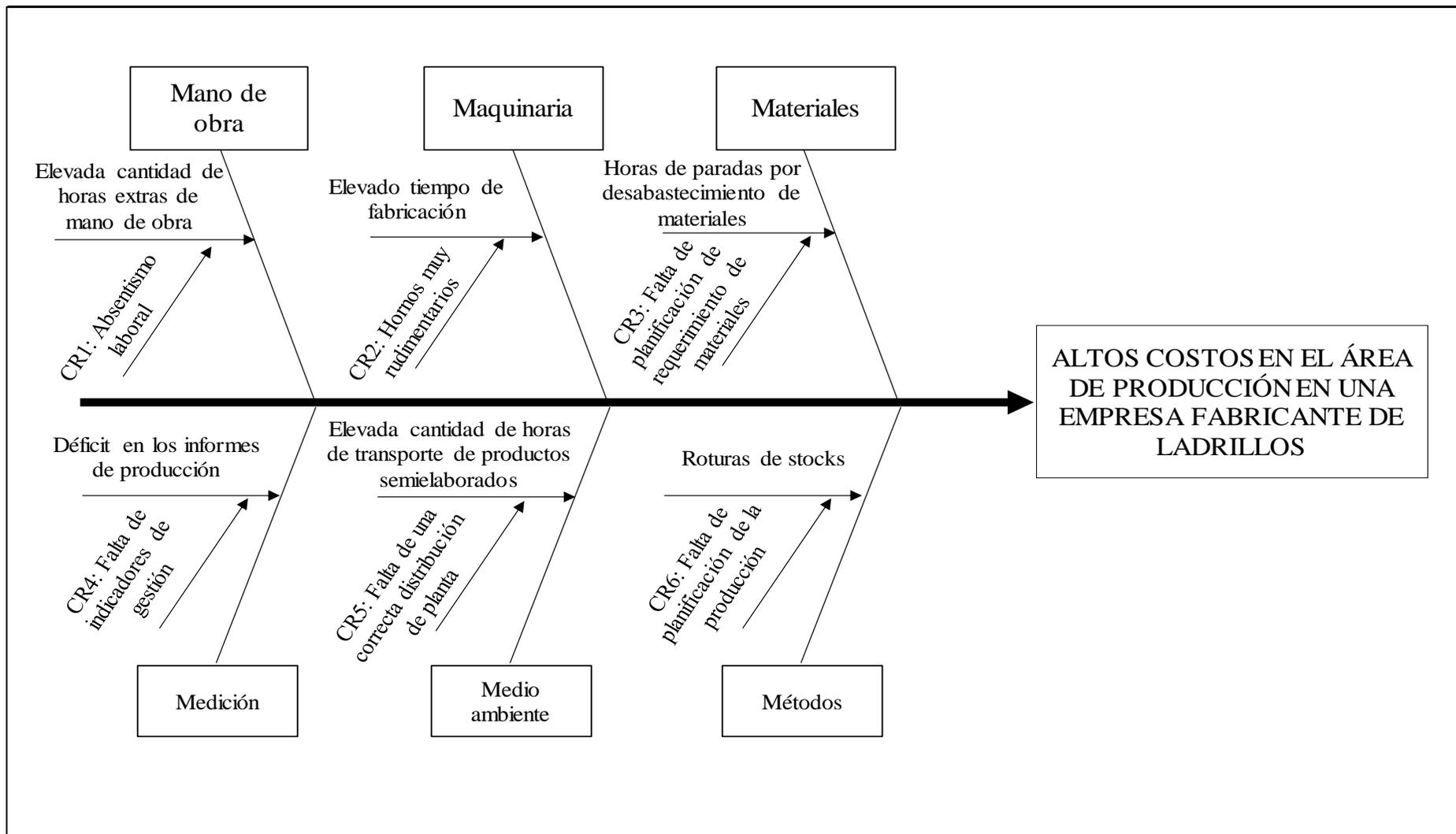


Figura 7. Ishikawa de la situación problemática en el área de producción

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.
Matriz de priorización de causas raíz

ITEM	CAUSA	Σ (Impacto según encuesta)	% Impacto	Acumulado
CR5	Falta de una correcta distribución de planta	85	33%	33%
CR6	Falta de planificación de la producción	70	27%	60%
CR3	Falta de planificación de requerimiento de materiales	53	20%	80%
CR2	Hornos muy rudimentarios	20	8%	88%
CR4	Falta de indicadores de gestión	17	7%	95%
CR1	Absentismo laboral	14	5%	100%

Fuente: Elaboración propia

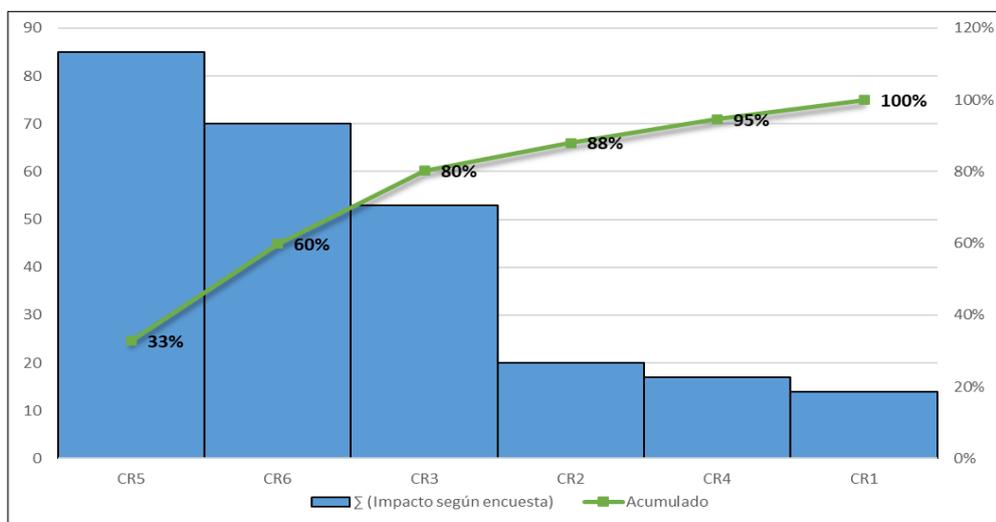


Figura 8. Pareto de las causas raíz

Fuente: Elaboración propia.

Una vez identificadas las principales causas raíz se establecieron indicadores para poder medir la efectividad en los aspectos relacionados a cada causa raíz y la herramienta de mejora que permitirá eliminar los problemas generados en los costos. En la Tabla 3 se muestra la matriz de indicadores elaborado para la presente investigación.

Tabla 3.
Matriz de indicadores

Cri	Causa Raíz	Indicador	Fórmula	Valor actual	Valor meta	Pérdida monetaria anual	Pérdida monetaria tras aplicar herramientas	Ahorro esperado	Herramienta de mejora
CR5	Falta de una correcta distribución de planta	Porcentaje de horas efectivas para la producción	$T_i = \frac{\text{Total de horas planificadas para trabajar} - \text{Total de horas de transportes internos}}{\text{Total de horas planificadas para trabajar}} \times 100$	82.89%	95.00%	S/88,257.92	S/35,303.17	S/52,954.75	PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (SLP)
CR6	Falta de planificación de la producción	Porcentaje de efectividad la planificación de la producción	$E_p = \frac{\text{N}^\circ \text{ de despachos de producto terminado} - \text{N}^\circ \text{ de roturas de stock}}{\text{N}^\circ \text{ de despachos de producto terminado}} \times 100\%$	87.25%	97.00%	S/31,208.40	S/12,483.36	S/18,725.04	PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)
CR3	Falta de planificación de requerimiento de materiales	Porcentaje de efectividad del abasactecimiento de materiales	$E_m = \frac{\text{N}^\circ \text{ de requerimiento de materiales} - \text{N}^\circ \text{ de incidencias por desabastecimiento}}{\text{N}^\circ \text{ de requerimiento de materiales}} \times 100\%$	79.03%	95.00%	S/26,869.67	S/10,747.87	S/16,121.80	PLANIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

Fuente: Elaboración propia

PRODUCCIÓN CR5: Falta de una correcta distribución de planta

La primera causa raíz seleccionada es la falta de una correcta distribución de planta, la empresa cuenta con un local de 530 m² aproximadamente, el inconveniente pasa por el constante transporte de productos de un proceso a otro de manera desordenada, en vez de manera secuencial, esto genera tiempos improductivos que evidentemente resulta costoso para la empresa. Como se puede observar en la Figura 9 la evolución mes a mes de las horas dedicadas al transporte de productos semielaborados donde el promedio de horas es de 36 por cada mes.

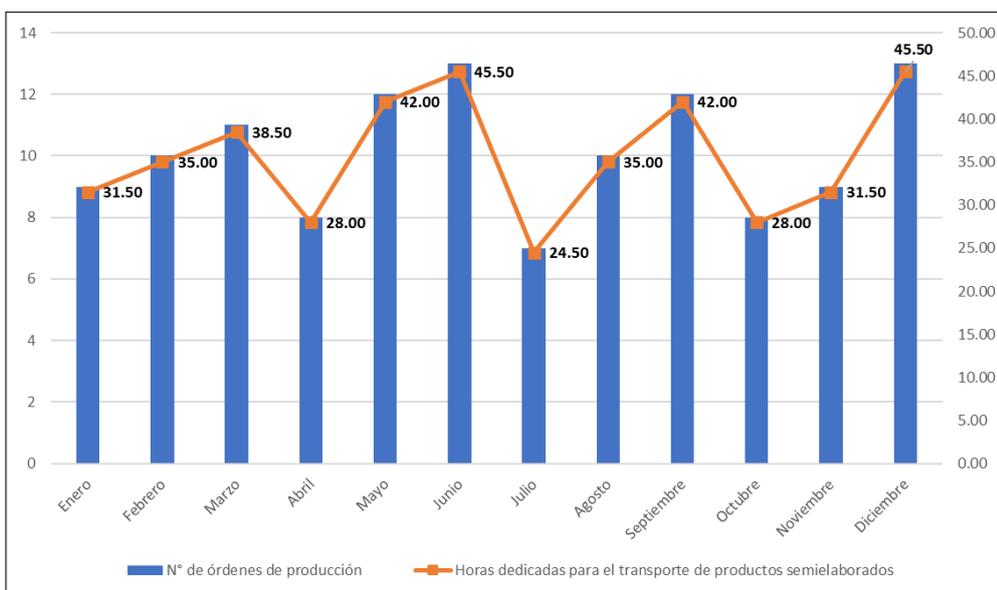


Figura 9. Horas dedicadas al transporte de productos semielaborados por mes

Fuente: Elaboración propia

Con el registro de horas de cada mes se puede realizar el cálculo de la pérdida monetaria, que está conformada por tres factores: costo mano de obra directa, costos indirectos de fabricación y costo de oportunidad. En la Tabla 4 se puede observar el cálculo obtenido. La pérdida monetaria mensual es de S/. 7,354.83 y de S/. 88,257.92 anualmente. Los detalles del cálculo realizado se encuentran disponible en el Anexo 08.

Tabla 4.
Cálculo de la pérdida monetaria de CR5

Mes	Horas de transportes	Costo mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Enero	31.50	S/1,971.78	S/2,663.37	S/1,875.68	S/6,510.83
Febrero	35.00	S/2,190.87	S/2,959.30	S/2,084.09	S/7,234.26
Marzo	38.50	S/2,409.95	S/3,255.23	S/2,292.50	S/7,957.68
Abril	28.00	S/1,752.69	S/2,367.44	S/1,667.27	S/5,787.40
Mayo	42.00	S/2,629.04	S/3,551.16	S/2,500.91	S/8,681.11
Junio	45.50	S/2,848.13	S/3,847.09	S/2,709.32	S/9,404.53
Julio	24.50	S/1,533.61	S/2,071.51	S/1,458.86	S/5,063.98
Agosto	35.00	S/2,190.87	S/2,959.30	S/2,084.09	S/7,234.26
Septiembre	42.00	S/2,629.04	S/3,551.16	S/2,500.91	S/8,681.11
Octubre	28.00	S/1,752.69	S/2,367.44	S/1,667.27	S/5,787.40
Noviembre	31.50	S/1,971.78	S/2,663.37	S/1,875.68	S/6,510.83
Diciembre	45.50	S/2,848.13	S/3,847.09	S/2,709.32	S/9,404.53
Total anual	427.00	S/26,728.56	S/36,103.47	S/25,425.90	S/88,257.92

Fuente: Elaboración propia

PRODUCCIÓN CR6: Falta de planificación de la producción

La segunda causa raíz seleccionada es la falta de planificación de la producción que un problema netamente de gestión, ya que en muchas ocasiones se programa a destiempo la producción de lotes de ladrillos y teniendo aún en producción de varios lotes en proceso, es decir que no se logra terminar el lote completo a tiempo por una programación a destiempo generando una rotura de stock y obligando a tener que completar el pedido comprando a un tercero. A continuación, en la Figura 10 se muestra gráficamente las roturas de stock mensual que se presentó durante cada mes en el último año.

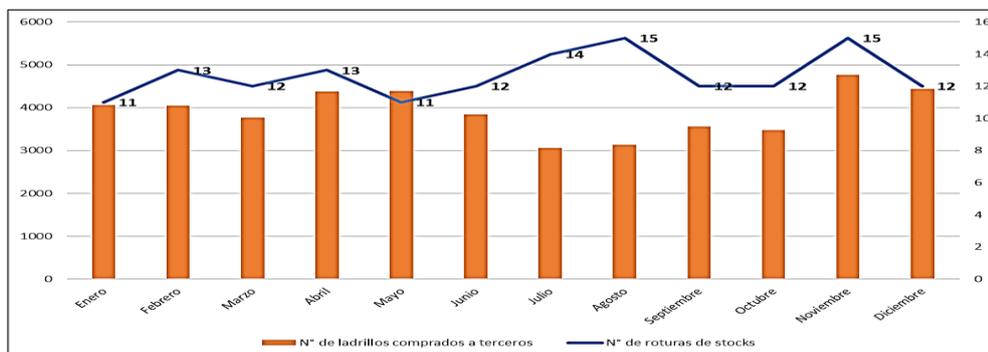


Figura 10. Evolución histórica de las roturas de stock

Fuente: Elaboración propia

Cada vez que se presenta una rotura de stock para completar el pedido es necesario comprar ladrillos a un tercero que termina vendiéndolo al costo recuperando lo de la compra, pero los costos de los fletes para traer esos ladrillos son inevitables y se asume como pérdida, además que cada ladrillo que se compró de una empresa tercera genera un costo de oportunidad es decir una ganancia que se ha resignado obtener por una mala gestión. En la Tabla 5 se muestra el valor de la pérdida monetaria que asciende según lo calculado en S/. 2,600.70 mensualmente y S/. 31,208.40 anualmente. El detalle de este cálculo se encuentra disponible en el Anexo 09.

Tabla 5.
Cálculo de la pérdida monetaria de CR6

Mes	N° roturas de stock	Ladrillos comprados a terceros	Costo adicional por rotura de stock	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
Enero	11	4053	S/1,650.00	S/726.64	S/2,376.64
Febrero	13	4050	S/1,950.00	S/726.10	S/2,676.10
Marzo	12	3768	S/1,800.00	S/675.54	S/2,475.54
Abril	13	4374	S/1,950.00	S/784.19	S/2,734.19
Mayo	11	4382	S/1,650.00	S/785.62	S/2,435.62
Junio	12	3838	S/1,800.00	S/688.09	S/2,488.09
Julio	14	3064	S/2,100.00	S/549.32	S/2,649.32
Agosto	15	3137	S/2,250.00	S/562.41	S/2,812.41
Septiembre	12	3556	S/1,800.00	S/637.53	S/2,437.53
Octubre	12	3478	S/1,800.00	S/623.55	S/2,423.55
Noviembre	15	4765	S/2,250.00	S/854.29	S/3,104.29
Diciembre	12	4435	S/1,800.00	S/795.12	S/2,595.12
Promedio mensual	13	3908	S/1,900.00	S/700.70	S/2,600.70
Total anual	152	46900	S/22,800.00	S/8,408.40	S/31,208.40

Fuente: Elaboración propia

PRODUCCIÓN CR3: Falta de planificación de requerimiento de materiales

La tercera causa raíz es la falta de planificación de requerimiento de materiales, y esto se ve reflejado en la cantidad de incidencias por desabastecimiento y las horas de retraso generadas. La empresa calcula la cantidad de materiales a comprar de manera totalmente empírica y apelando a la experiencia de los supervisores lo que evidentemente no es infalible y se traduce en desabastecimiento. Mensualmente en promedio se presenta hasta 7 casos de incidencias por desabastecimiento de materiales y esto genera hasta 7.86 horas de retraso mientras se soluciona el abastecimiento, se recurre casi siempre a horas extras que tienen que pagar a los trabajadores, pero recuperar el tiempo perdido. A continuación, en la Figura 11 se muestra gráficamente la evolución histórica de incidencias por desabastecimiento por cada mes del último año.

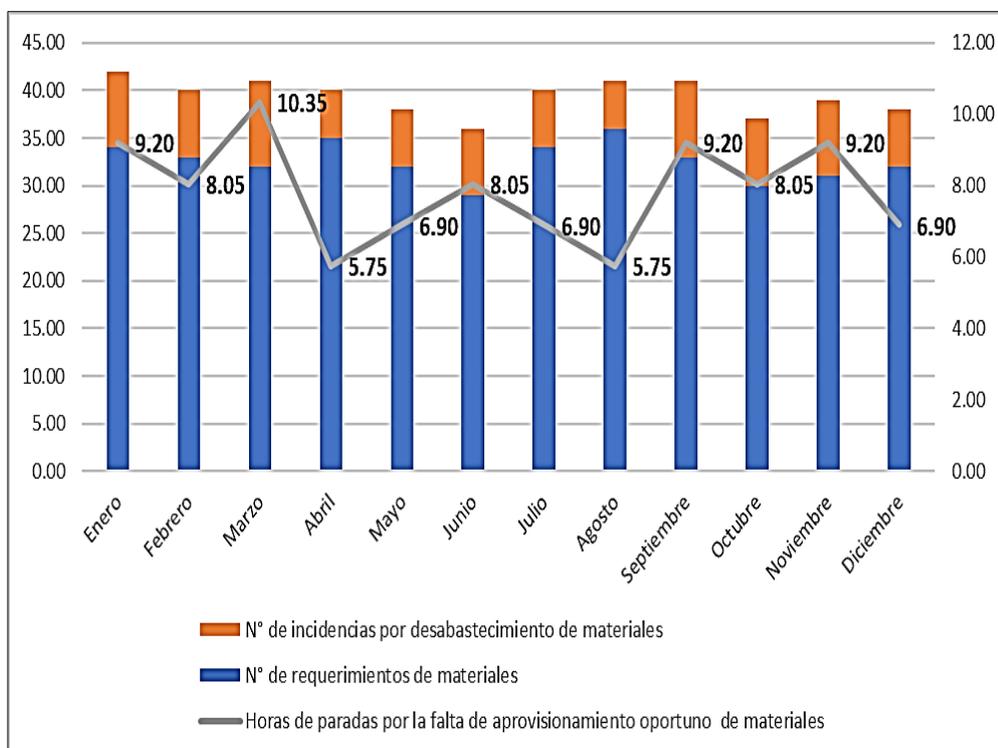


Figura 11. Número de incidencias y horas de paradas por desabastecimiento

Fuente: Elaboración propia

Como se mencionó al presentarse incidencias por desabastecimiento se genera horas de retraso que genera costos por mano de obra directa y horas extras, costos indirectos de fabricación por hora y costo de oportunidad por hora.

Se estima que la pérdida monetaria mensual es de S/. 2,239.14 y de S/. 26,869.67 anualmente, lo que implica a tener que buscar alguna mejora para eliminar estas pérdidas. A continuación, en la Tabla 6 se muestra la cuantificación de la pérdida monetaria generada por esta causa raíz y en el Anexo 10 se muestra el detalle de los cálculos realizados.

Tabla 6.
Cálculo de la pérdida monetaria de CR3

Mes	N° de incidencias por desabastecimiento	Horas de paradas por falta de aprovisionamiento	Pérdida monetaria
Enero	8.00	9.20	S/2,621.43
Febrero	7.00	8.05	S/2,293.75
Marzo	9.00	10.35	S/2,949.11
Abril	5.00	5.75	S/1,638.39
Mayo	6.00	6.90	S/1,966.07
Junio	7.00	8.05	S/2,293.75
Julio	6.00	6.90	S/1,966.07
Agosto	5.00	5.75	S/1,638.39
Septiembre	8.00	9.20	S/2,621.43
Octubre	7.00	8.05	S/2,293.75
Noviembre	8.00	9.20	S/2,621.43
Diciembre	6.00	6.90	S/1,966.07
Promedio mensual	7	7.86	S/2,239.14
Total anual	82	94.30	S/26,869.67

Fuente: Elaboración propia

2.5.2. Desarrollo de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP)

La primera herramienta desarrollada es el SLP, para poder eliminar la falta de una correcta distribución de planta, ya que esta causa raíz genera una elevada cantidad de horas de transporte de productos semielaborados. El procedimiento establecido para desarrollar SLP se muestra a continuación en la Figura 12.

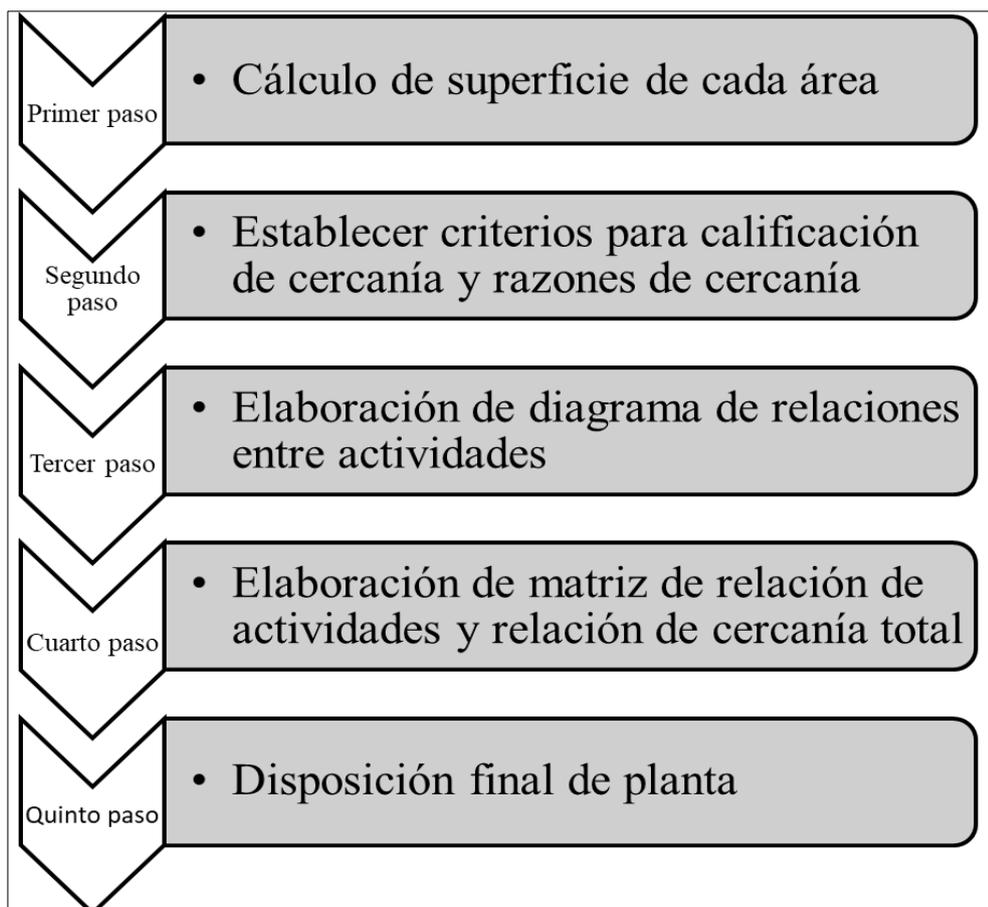


Figura 12. Procedimiento para implementar SLP

Fuente: Muther (2015)

El primer paso para desarrollar el SLP, corresponde al cálculo de las superficies. Para lograr esto se emplea un método de cálculo basado en que para cada área a distribuir, supone que su superficie total necesaria se calcula como la suma de tres superficies parciales que contemplan: la superficie estática, la superficie de gravitación y la superficie de evolución o movimientos. La fórmula se muestra a continuación:

$$Se = (Ss + Sg)(K)$$

Donde:

Se: superficie de evolución

Ss: Superficie estática

Sg: Superficie de gravitación

K: Coeficiente constante

Entonces empleado esta fórmula se realizó el cálculo de la superficie de cada área, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7.
Cálculo de superficies para cada área

Área	Superficie estática (Ss)	Superficie de gravitación (Sg)	Coeficiente constante (K)	Superficie de evolución (Se)
Recepción de materiales	11	9	2.5	50
Área de mezclado	16	8	2.5	60
Almacén de materiales	11	9	2.5	50
Almacén de productos terminados	18	10	2.5	70
Zona de hornos	23	7	3.0	90
Área de labrado	14	6	2.5	50
Área de moldeado y cortado	17	11	2.5	70
Oficinas	8	4	2.5	30
Área de despacho	15	5	2.5	50
TOTAL	133	69	-	520

Fuente: Elaboración propia

Con las superficies calculadas para cada área, corresponde poder evaluar las interrelaciones entre cada una de estas, pero previo a esto se tiene que establecer un criterio de manera estandarizada como se muestra en la Tabla 8.

Tabla 8.
Criterios para poder realizar la evaluación de cercanía

Valor	Cercanía	Calificación
A	Altamente necesaria	6
E	Especialmente necesaria	5
I	Importante	4
O	Ordinaria necesaria	3
U	Ninguna	2
X	Indeseable	1

Fuente: Muther (2015)

En base a estos criterios, se elaboró el diagrama de relaciones entre las áreas, como se muestra en la Figura 13, con esto se busca calificar la relación de cercanía y la razón de cercanía, de esta manera buscar priorizar aquellas que deben permanecer lo más cercano de aquellas que cumplen solo funciones secundarias.

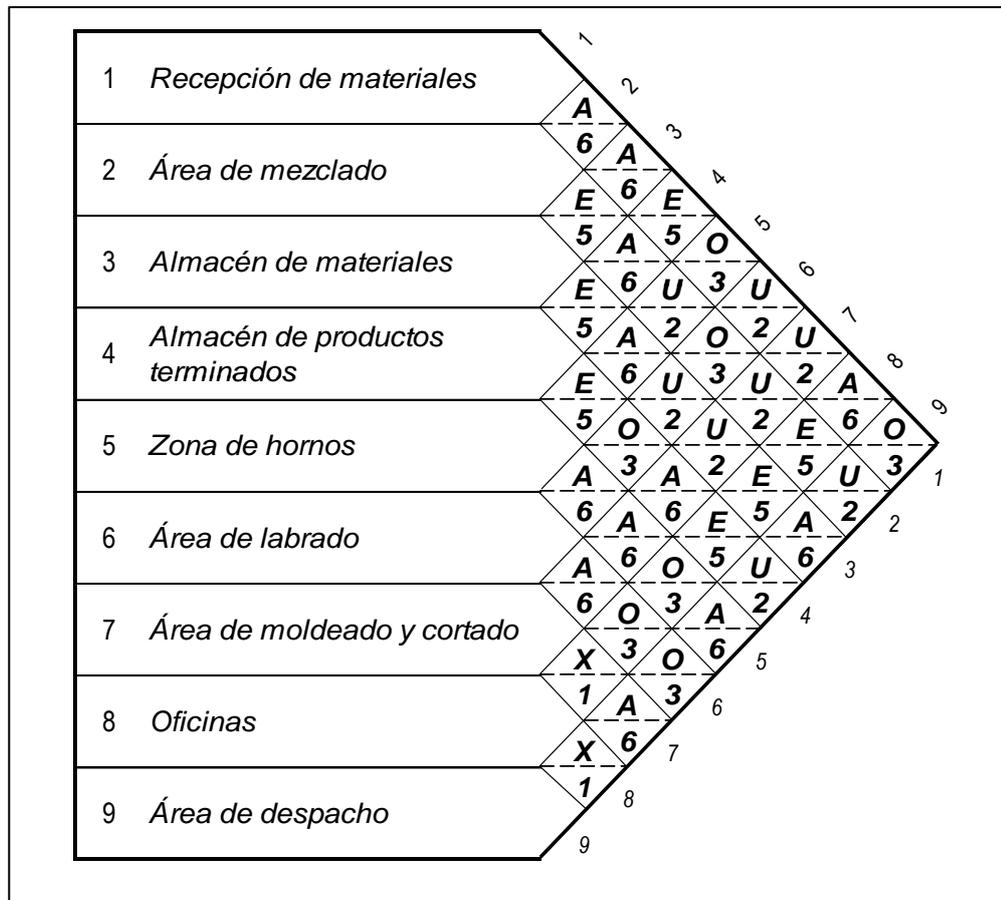


Figura 13. Evaluación de relaciones entre las áreas a distribuir

Fuente: Elaboración propia

Con la evaluación realizada, el siguiente paso es elaborar la matriz de interrelaciones (Figura 14), que muestre de manera más específica las relaciones entre cada área y con esto poder elaborar la matriz de relación de cercanía total (Figura 15).

Departamento	Tamaño M2	Recepción de materiales	Área de mezclado	Almacén de materiales	Almacén de productos terminados	Zona de hornos	Área de labrado	Área de moldeado y cortado	Oficinas	Área de despacho
Recepción de materiales	50		A	A	E	O	U	U	A	O
Área de mezclado	60			E	A	U	O	U	E	U
Almacén de materiales	50				E	A	U	U	E	A
Almacén de productos terminados	70					E	O	A	E	U
Zona de hornos	90						A	A	O	A
Área de labrado	50							A	O	O
Área de moldeado y cortado	70								X	A
Oficinas	30									X
Área de despacho	50									

Figura 14. Matriz de interrelaciones de áreas

Fuente: Elaboración propia

Depar	Tamaño M2	Recepción de materiales	Área de mezclado	Almacén de materiales	Almacén de producto	Zona de hornos	Área de labrado	Área de moldeado y	Oficinas	Área de despacho	TCR
Recepción de materiales	50	0	6	6	5	3	2	2	6	3	33
Área de mezclado	60	6	0	5	6	2	3	2	5	2	31
Almacén de materiales	50	6	5	0	5	6	2	2	5	6	37
Almacén de productos terminados	70	5	6	5	0	5	3	6	5	2	37
Zona de hornos	90	3	2	6	5	0	6	6	3	6	37
Área de labrado	50	2	3	2	3	6	0	6	3	3	28
Área de moldeado y cortado	70	2	2	2	6	6	6	0	1	6	31
Oficinas	30	6	5	5	5	3	3	1	0	1	29
Área de despacho	50	3	2	6	2	6	3	6	1	0	29

Figura 15. Matriz de Relación de Cercanía Total (TCR)

Fuente: Elaboración propia

En la Tabla 9 se muestra a las áreas ordenadas de mayor a menor según su TCR (Relación de Cercanía Total), este valor es importante ya que a partir de esto se podrá buscar la distribución óptima de las instalaciones.

Tabla 9.
Resumen de TCR de cada área

Área	TCR	Tamaño (m ²)
Almacén de materiales	37	50
Almacén de productos terminados	37	70
Zona de hornos	37	90
Recepción de materiales	33	50
Área de mezclado	31	60
Área de moldeado y cortado	31	70
Área de despacho	29	50
Oficinas	29	30
Área de labrado	28	50

Fuente: Elaboración propia

Para poder encontrar la distribución óptima se puede realizar gráficas de distribución y mediante “prueba y error”, encontrar la distribución más adecuada, pero también existen software que mediante algoritmos y con la información ingresada se puede encontrar la distribución óptima, para esto se empleó el Software “Corelap 01”, que nos arrojó la siguiente distribución.

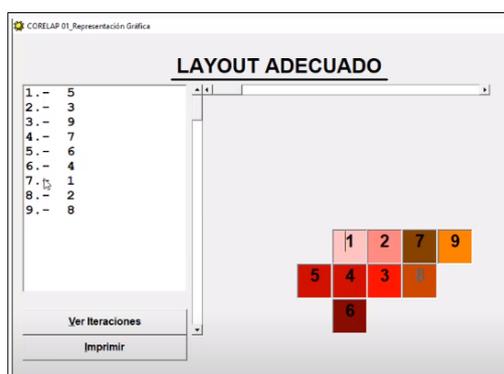


Figura 16. Análisis de distribución de planta con Software Corelap 01

Fuente: Elaboración propia

Empleando lo arrojado por el software, se elaboró el Layout final como se muestra en la Figura 17.

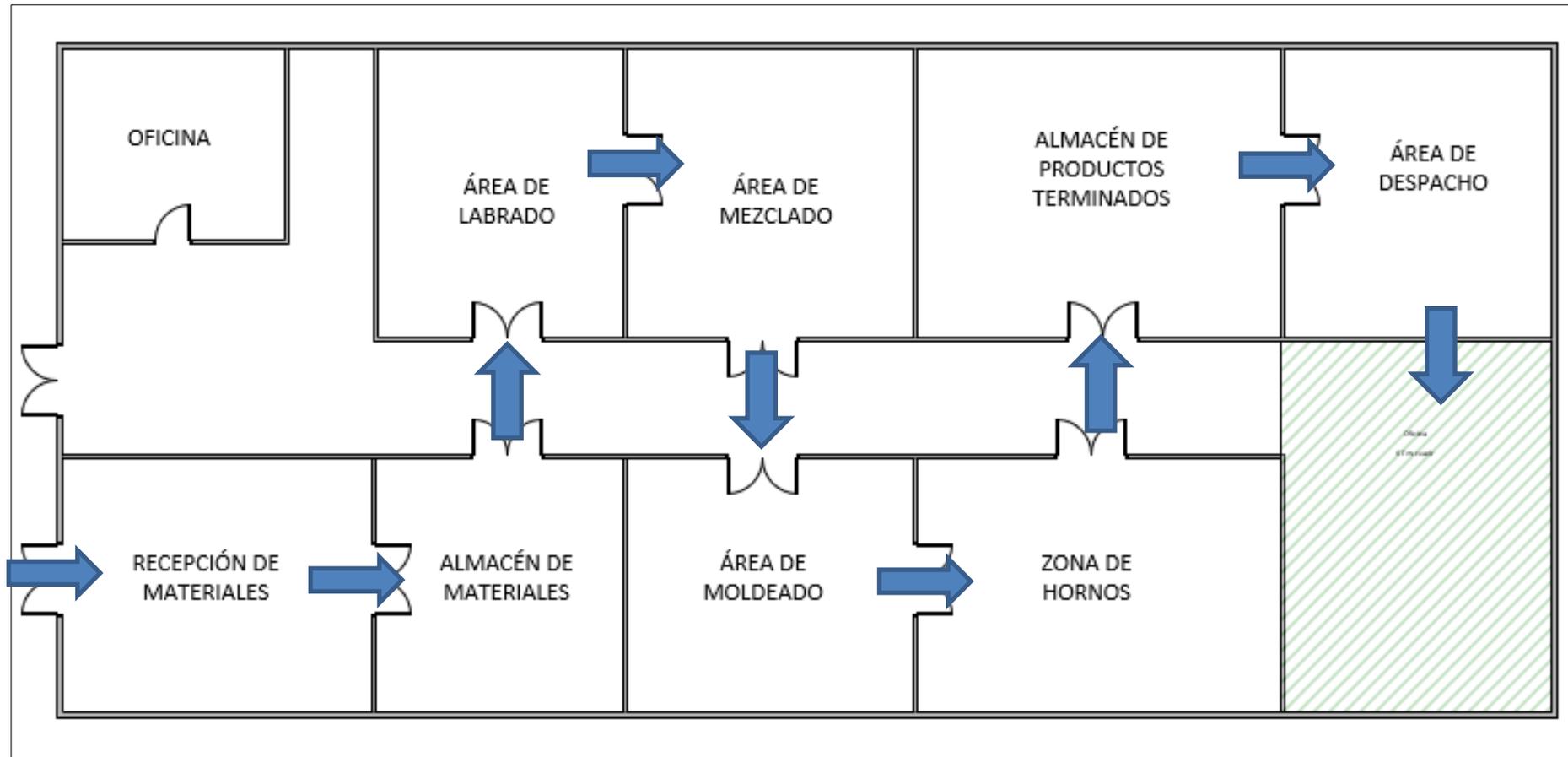


Figura 17. *Layout mejorado*

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Figura 18 el Layout propuesto permite que la secuencia de producción sea fluida, y no en desorden como se viene haciendo actualmente.

Con la mejora desarrollada, es fácil comparar los tiempos de transporte con la distribución actual, ya que estos tiempos de transporte son en promedio de 3.5 horas por orden de fabricación, pero con la distribución propuesta estos tiempos se reducen hasta 0.8 horas por cada orden de fabricación. A continuación, en la Figura 16 se muestra el tiempo que se pudo haber ahorrado durante el último año si se hubiese contado con la distribución propuesta en esta investigación.

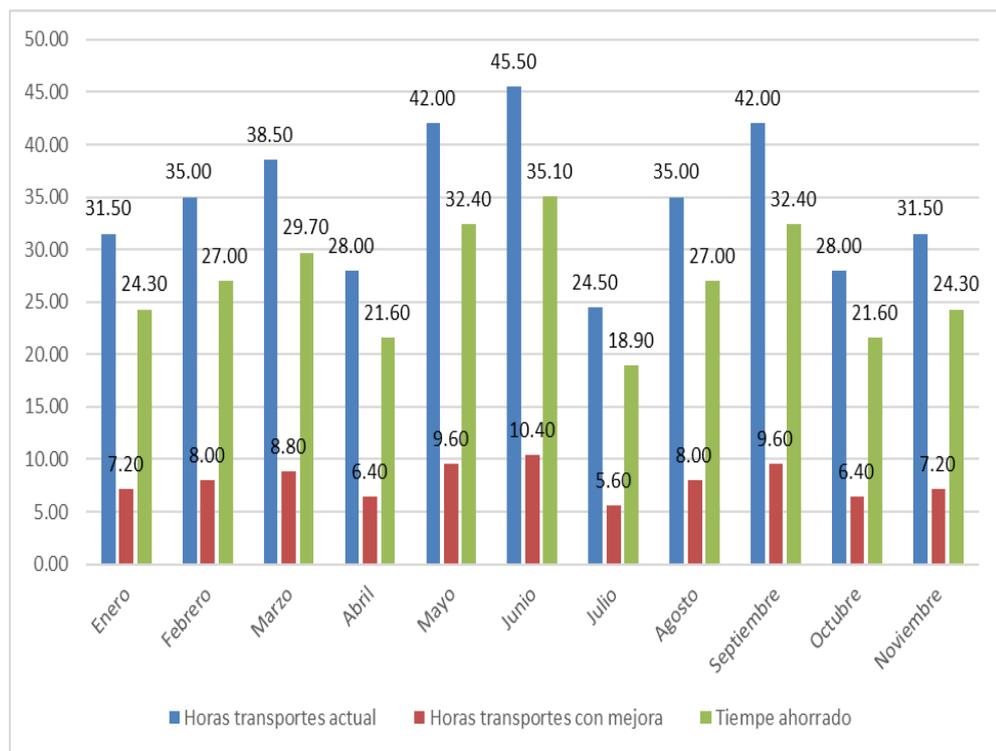


Figura 18. Horas de transporte de productos semielaborados - Actual vs Propuesto

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, en la Figura 19 se muestra la programación de las actividades para la implementación del SLP a través de una Carta Gantt.

CARTA GANTT				2021																							
				ENERO				FEBRERO				MARZO				ABRIL				MAYO				JUNIO			
Proyecto: Implementación Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP)				S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
Partes interesadas: Área de Producción				E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E	E
Fecha de inicio: 01 de enero 2021				M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Fecha de término: 29 de junio 2021				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
				A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
ETAPAS	ACTIVIDADES	Responsables	Duración																								
DEFINICIÓN	Análisis producto - cantidad (P-Q)	Investigador y supervisores de producción	3 semanas	■	■	■																					
	Relación de actividades	Investigador y supervisores de producción	2 semana			■	■																				
ANÁLISIS	Diagrama relacional de recorridos y/o actividades	Investigador y supervisores de producción	3 semana				■	■	■																		
	Análisis de espacio disponible	Investigador y supervisores de producción	2 semana							■	■																
	Diagrama relacional de espacios	Investigador y supervisores de producción	3 semana								■	■	■														
SÍNTESIS Y EJECUCIÓN	Identificar factores influyentes y limitaciones prácticas	Investigador y supervisores de producción	3 semana										■	■	■												
	Evaluación de mejoras de layout	Investigador y supervisores de producción	3 semana											■	■	■											
	Reacondicionamiento de instalaciones	Investigador y supervisores de producción	10 semana														■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	

Figura 19. Carta Gantt para la implementación de SLP

Fuente: Elaboración propia

2.5.3. Desarrollo de Plan Maestro de Producción (MPS)

Como se mencionó el segundo problema identificado en el área de producción son las roturas de stock y la causa raíz que genera este problema, es la falta de planificación de producción. Por esta razón y frente a esta circunstancia, la herramienta que permitirá eliminar esta causa raíz es la implementación de un Plan Maestro de Producción. En la Figura 20 se muestra el procedimiento establecido para la implementación.

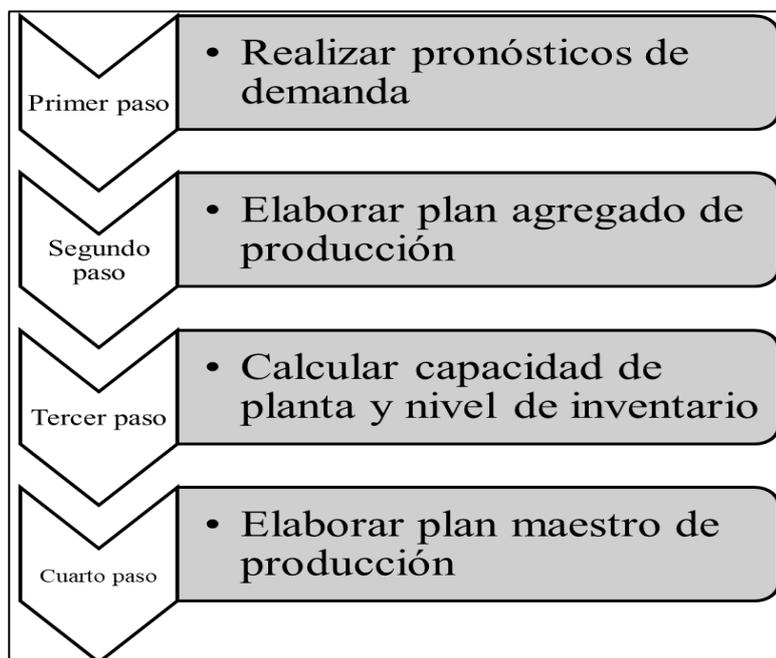


Figura 20. Procedimiento para implementar MPS

Fuente: Elaboración propia

El primer paso es realizar los pronósticos de demanda, para proyectar lo que se debe mandar a producir. Conocer bien la demanda es importante, ya que actualmente la proyección lo vienen realizando de manera totalmente empírica, es decir en condicionado a la experiencia de los encargados de planificación. Pero esta manera de planificar no es infalible, por el contrario, el margen de error ha conllevado a tener roturas de stock. En muchas ocasiones se aceptan pedidos sin considerar correctamente la capacidad de planta y de producción,

y ante esta circunstancia la única manera de solucionar es comprando ladrillos a otra empresa para completar el pedido, evidentemente esto le quita valor a la empresa e incrementa los costos. Se pronosticó la demanda para el año 2021 en base a la data histórica de la empresa, el método de pronóstico empleado es el modelo de regresión lineal, debido a que este modelo arrojó un coeficiente de determinación de 0.9547, lo que indica una relación fuerte entre la demanda y los periodos de ventas. En la Tabla 10 se muestra el pronóstico realizado.

Tabla 10.
Pronóstico de la demanda - 2021

Mes	Proyección Demanda Desestacionalizada	Índice estacional	Pronóstico estacional
Enero	70,172	0.98469	69,098
Febrero	70,433	1.00035	70,460
Marzo	70,695	0.97771	69,120
Abril	70,957	1.01531	72,044
Mayo	71,218	1.04082	74,126
Junio	71,480	1.05287	75,260
Julio	71,741	1.02262	73,366
Agosto	72,003	0.96665	69,602
Septiembre	72,264	0.99262	71,732
Octubre	72,526	0.91857	66,622
Noviembre	72,787	0.97275	70,806
Diciembre	73,049	1.05507	77,072

Fuente: Elaboración propia

En base a estos pronósticos el siguiente paso es elaborar el Plan Agregado de la producción (ver Figura 21), con esto se busca tener un plan general de producción a corto y largo plazo que le permita a la empresa a enfrentar la demanda fluctuante, del mismo modo que le permita analizar las condiciones generales de la economía actual y futura dentro del sector y establecer estrategias administrativas. Posteriormente se debe evaluar la capacidad de planta (ver Figura 22), es importante revalidar la capacidad de planta, es decir se debe realizar una planificación estratégica de la capacidad acorde con la estrategia de la empresa.

Paso 1 ==> Determinar los Requerimientos de Producción

Requerimientos para la Producción												
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE
Inventario inicial	0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pronóstico de la demanda (agregada)	69,098	70,460	69,120	72,044	74,126	75,260	73,366	69,602	71,732	66,622	70,806	77,072
Reserva de seguridad (0% pronóstico)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Requerimiento para la producción	69,098	70,460	69,120	72,044	74,126	75,260	73,366	69,602	71,732	66,622	70,806	77,072
Inventario Final	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Paso 2 ==> Elaboración de Planes de Producción Alternativos

Plan de Producción 1 : Persecución													
	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	Total
Requerimientos de Producción	69,098	70,460	69,120	72,044	74,126	75,260	73,366	69,602	71,732	66,622	70,806	77,072	
Horas hombre requerida	553	564	553	576	593	602	587	557	574	533	566	617	6,874
Días de trabajo por mes	23	23	22	24	24	24	24	22	23	20	22	24	
Horas-hombre por mes por trabajador	184	184	176	192	192	192	192	176	184	160	176	192	2,200
Trabajadores requeridos (hrs req / hrs por mes)	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Nuevos trabajadores contratados	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costo de contratación (nuevos trab x S/.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Trabajadores despedidos	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Costo del despido (trab despedidos x S/.0)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Costo Mensual (horas de prod req. x S/. 4.9090)	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	3,600	43,200
Costo Total:												S/. 43,200.00	

Nota: Producción exacta, fuerza laboral variada ==> Operarios necesarios para la línea de Ladrillos King Kong

Figura 21. Formato para la elaboración de Plan Agregado de Producción

Fuente: Elaboración propia

	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	NOVIEMBRE	DICIEMBRE	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	X
LABRADOS MENSUAL	69000	69069	66132	72000	72000	72360	72432	66462	69552	60540	66660	72792	69083.25
QUEMADO 1	34500	34534.5	33066	36000	36000	36180	36216	33231	34776	30270	33330	36396	34541.625
QUEMADO 2	34500	34534.5	33066	36000	36000	36180	36216	33231	34776	30270	33330	36396	34541.625
LADRILLOS KING KONG MENSUAL	69000	69069	66132	72000	72000	72360	72432	66462	69552	60540	66660	72792	69083.25
CAPACIDAD HORNO 1	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000
CAPACIDAD HORNO 2	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000	55000
CAPACIDAD TOTAL	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000	110000
UTILIZACION JORNADA 1	63%	63%	60%	65%	65%	66%	66%	60%	63%	55%	61%	66%	63%
UTILIZACION JORNADA 2	63%	63%	60%	65%	65%	66%	66%	60%	63%	55%	61%	66%	63%
UTILIZACION DE HORNOS	63%	63%	60%	65%	65%	66%	66%	60%	63%	55%	61%	66%	63%

Figura 22. Formato para realizar el cálculo de capacidad de planta

Fuente: Elaboración propia

Finalmente, el último paso es el desarrollo del propio Plan Maestro de producción, cabe resaltar que busca tener un plan realista para la empresa, ajustando la planificación con la capacidad real en cada proceso de producción sin buscar que la demanda del cliente sea fabricada en plazos imposibles, ya que esto es lo que genera los problemas. El plan maestro de producción es interesante para programar los productos finales de la empresa estudiada, con el fin de que se terminen con rapidez y cuando se haya comprometido con los clientes, de esta manera evitar sobrecargas o subcargas de las instalaciones de los productos, para una capacidad de producción eficiente con mejor costo de producción.

Ante todo, realista teniendo en cuenta los recursos de la fábrica. Para empezar a realizar los cálculos correspondientes se debe primero determinar cuánto tiempo se emplea para fabricar un lote de producción, en este caso la empresa realiza una producción para almacenar, es decir emplea stock de seguridad. Otro aspecto importante será definir las barreras de tiempo para el Plan Maestro de Producción. Para este caso no se puede mandar a producir lotes por un tiempo no menor de una semana de anticipación.

Otro de los elementos fundamentales para que el Plan Maestro sea realista es el conocimiento del nivel de inventario. Para obtener esos datos, se lleva a cabo una planificación muy a corto plazo, inferior a tres meses, denominada Gestión de inventario. Con esta Gestión, los responsables se encargan de programar, controlar y evaluar las operaciones de producción vinculadas con la asignación de trabajos a los distintos puestos. Además, organizan las entregas de materiales y de los pedidos de los productos terminados.

Entonces para el caso analizado el Plan Maestro elaborado se realizó para los tres principales productos de la empresa. Planificando para cada semana, ya que esto permitirá ser más preciso por el horizonte corto de tiempo, ya que lo se busca es tener más precisión para reducir pérdidas. En la Figura 23 se muestra el formato empleado para la elaboración del Plan Maestro de Producción.

Programa semanal por presentaciones						
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
King Kong (0 Huecos)	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	5,760
King Kong (6 Huecos)	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	5,760
King Kong (18 Huecos)	1,152	1,152	1,152	1,152	1,152	5,760
Total Ladrillos	3,456	3,456	3,456	3,456	3,456	17,280
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
King Kong (0 Huecos)	2,304	2,304	1,152	-	-	5,760
King Kong (6 Huecos)	1,152	1,152	2,304	1,152		5,760
King Kong (18 Huecos)			-	2,304	3,456	5,760
Total Ladrillos	3,456	3,456	3,456	3,456	3,456	17,280
Producir Ladrillos						
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Total
Ladrillos King Kong	3,456.00	3,456.00	3,456.00	3,456.00	3,456.00	17,280
Horas de Producción Necesarias						
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
King Kong (0 Huecos)	6.14	6.14	3.07	-	-	
King Kong (6 Huecos)	3.07	3.07	6.14	3.07	-	
King Kong (18 Huecos)	-	-	-	6.14	9.22	
Total Horas de Producción	9.22	9.22	9.22	9.22	9.22	
Horas - hombre requeridas						
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
King Kong (0 Huecos)	18.4	18.4	9.2	-	-	
King Kong (6 Huecos)	9.2	9.2	18.4	9.2	-	
King Kong (18 Huecos)	-	-	-	18.4	27.6	
Total Horas -hombre requeridas	28	28	28	28	28	
N° de trabajadores						
Producto	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	
King Kong (0 Huecos)	3.000	3	3	-	-	
King Kong (6 Huecos)	3	3	3	3	-	
King Kong (18 Huecos)	-	-	-	3	3	
Total N° de trabajadores	3	3	3	3	3	

Figura 23. Formato de cálculo de Plan Maestro de Producción

Fuente: Elaboración propia

2.5.4. Desarrollo de la Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

El tercer problema identificado en el área de producción son las horas de paradas por desabastecimiento de materiales y la causa raíz que genera este problema, es la falta de planificación de requerimiento de materiales. Por esta razón y frente a esta circunstancia, la herramienta que permitirá eliminar esta causa raíz es la implementación de un MRP. En la Figura 25 se muestra el procedimiento establecido para la implementación.

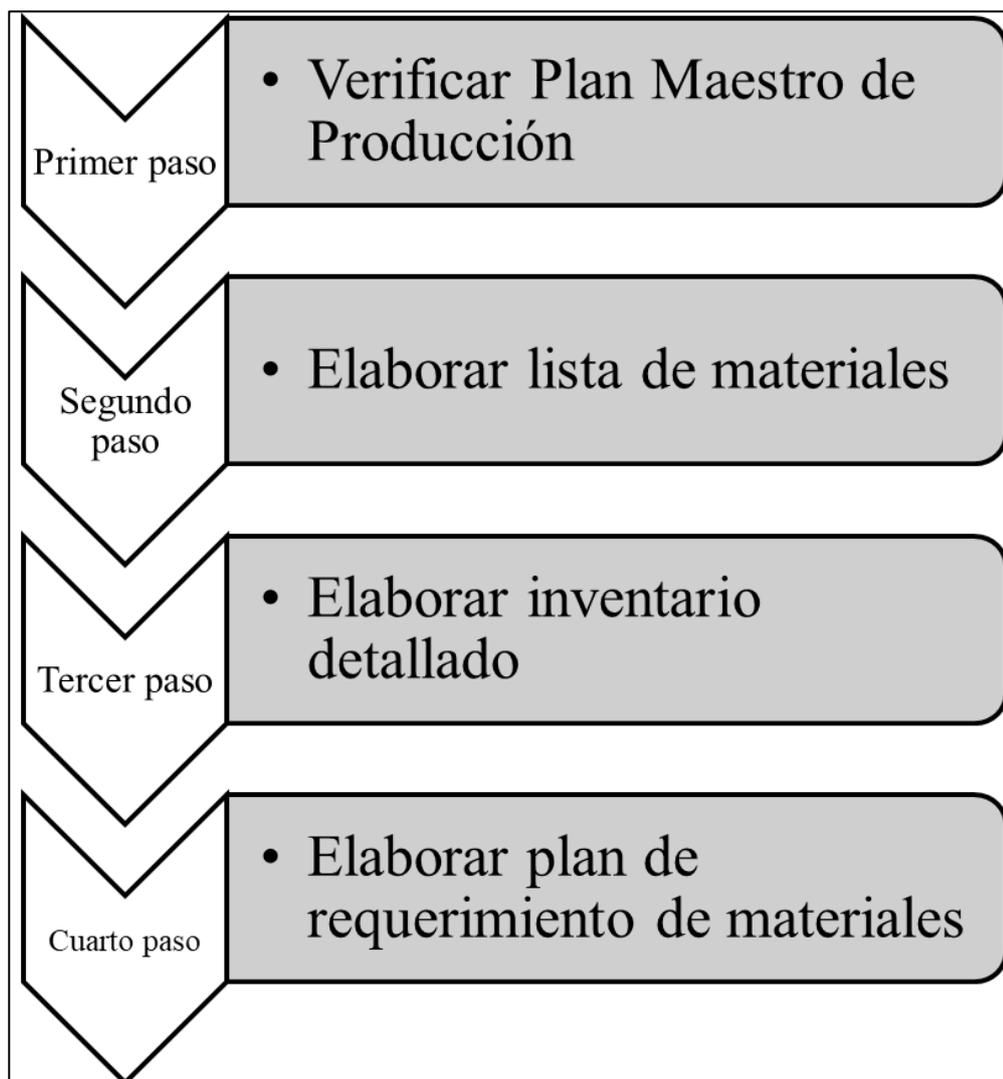


Figura 25. Procedimiento para implementar MRP

Fuente: Elaboración propia

Para esta ocasión, el desarrollo del MRP parte desde el Plan Maestro de Producción, los primeros pasos como es el pronóstico de la demanda ya se realizaron en el MPS. Entonces para comenzar a implementar el MRP es importante validar nuevamente el Plan Maestro de Producción de acuerdo a los recursos y restricciones de la empresa. A continuación, en la Figura 26 se muestra la ficha técnica de las condiciones y costos del MPS.

Costos asociados a la producción	
Materiales	S/. 148.67 /Millar
Costo de mantenimiento del inventario	S/. - /mes
Costo marginal del agotamientos de las reservas	S/. - /mes
Costo marginal de la subcontratación	S/. - /por trabajador
Costo de contratación y de capacitación	S/. - /por trabajador
Costo de los despidos	S/. - /por trabajador
Horas hombre requeridos	0.008 Ladrillo
Costo Mensual Labradores	S/. 900.00 Mes
Costo del tiempo extra (tiempo y medio)	S/. - /hora
Inventario	
Inventario inicial	0 cajas
Reservas de seguridad	0% de la demanda mensual

Figura 26. Aspectos técnicos para verificar el MPS

Fuente: Elaboración propia

Con el programa maestro de producción o MPS validado, se puede ahora profundizar en las referencias de las familias de producto, definiendo cuánto se va a producir y en qué momento.

El siguiente paso es elaborar la lista de materiales es el detalle de componentes, piezas o materiales que estructuran el producto terminado.

En un BOM, los artículos que están por encima de un nivel, se denominan padres; los que están abajo se llaman hijos. El nivel superior es el nivel 0 y a medida que desciende, va aumentando el nivel. Cada material tiene entre paréntesis la cantidad necesaria para fabricar una unidad de su padre superior.

A continuación, en la Figura 27 se muestra el formato empleado para realizar esta lista de materiales.

SKU 1	Ladrillo King kong	Unidad	Cantidad
	King Kong (0 Huecos)	1 Millar	1000
SKU 2	Ladrillo King kong	Unidad	Cantidad
	King Kong (6 Huecos)	1 Millar	1000
SKU 3	Ladrillo King kong	Unidad	Cantidad
	King Kong (18 Huecos)	1 Millar	1000
Comp1	King Kong (0 Huecos)	Unidad	Cantidad
	Arena Especial	Kg.	750
	Arena Azul	Kg.	1000
	Tierra	Kg.	800
	Agua	Lt.	800
Comp2	King Kong (6 Huecos)	Unidad	Cantidad
	Arena Especial	Kg.	725
	Arena Azul	Kg.	950
	Tierra	Kg.	775
	Agua	Lt.	800
Comp3	King Kong (18 Huecos)	Unidad	Cantidad
	Arena Especial	Kg.	700
	Arena Azul	Kg.	900
	Tierra	Kg.	750
	Agua	Lt.	750
Comp4	King Kong (0 Huecos)	Unidad	Cantidad
	Arena Especial	Kg.	50
Comp5	King Kong (0 Huecos)	Unidad	Cantidad
	Arena Especial	Kg.	50
Comp6	King Kong (0 Huecos)	Unidad	Cantidad
	Arena Especial	Kg.	50

Figura 27. Formato de registro de lista de materiales

Fuente: Elaboración propia

El siguiente paso es realizar los registros de inventario, estos son el resultado de las transacciones de inventario. Estas transacciones son: generación de nuevos pedidos, recepción de pedidos, cancelación de pedidos, devolución de inventario de baja calidad, pérdidas por desperdicio o vencimiento, ajuste de fechas de arribo de pedido, entre otros. Las transacciones de inventario son eventos de inventario que deben quedar registrados, de tal forma que al ver el registro podamos identificar el saldo disponible de materia prima para elaborar el MRP.

El procedimiento utilizado para desarrollar el Plan de Requerimientos de Materiales (MRP) es la política de lotificación *Lote a Lote*, es decir, cada vez que se necesitan unidades se piden éstas en forma exacta.

Como se mencionó anteriormente, la lógica del MRP es simple, aunque su complejidad está en la cantidad de artículos a administrar y los niveles de explosión de materiales con que se cuente. El MRP trabaja en base a dos parámetros básicos del control de producción: tiempos y cantidades. El sistema debe de ser capaz de calcular las cantidades a fabricar de productos terminados, de los componentes necesarios y de las materias primas a comprar para poder satisfacer la demanda independiente. Además, al hacer esto debe considerar cuándo deben iniciar los procesos para cada artículo con el fin de entregar la cantidad completa en la fecha comprometida. Para obtener programas de producción y compras en términos de tiempos y cantidades, el MRP realiza cinco funciones básicas: cálculo de requerimientos netos, definición de tamaño de lote, desfase en el tiempo y explosión de materiales. A continuación, en la Figura 28 se muestra el formato empleado para el diseño del MRP.

Plan de Necesidades de Materiales (MRP)					
Sku 1: King Kong (0 Huecos)					
Stock Inicial :	0				
Tamaño de lote :	LFL				
Lead-time entrega :	0				
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos					
Período	Inicial	1	2	3	4
Necesidades Brutas		5.76	5.76	5.76	5.76
Entradas Previstas		-	-	-	-
Stock Final	0	-	-	-	-
Necesidades Netas		5.76	5.76	5.76	5.76
Pedidos Planeados		5.76	5.76	5.76	5.76
Lanzamiento de ordenes		5.76	5.76	5.76	5.76
Sku 2: King Kong (6 Huecos)					
Stock Inicial :	0				
Tamaño de lote :	LFL				
Lead-time entrega :	0				
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos					
Período	Inicial	1	2	3	4
Necesidades Brutas		5.76	5.76	5.76	5.76
Entradas Previstas		-	-	-	-
Stock Final	0	-	-	-	-
Necesidades Netas		5.76	5.76	5.76	5.76
Pedidos Planeados		5.76	5.76	5.76	5.76
Lanzamiento de ordenes		5.76	5.76	5.76	5.76
Sku 3: King Kong (18 Huecos)					
Stock Inicial :	0				
Tamaño de lote :	LFL				
Lead-time entrega :	0				
Tabla de cálculos y obtención de lanzamientos					
Período	Inicial	1	2	3	4
Necesidades Brutas		5.76	5.76	5.76	5.76
Entradas Previstas		-	-	-	-
Stock Final	0	-	-	-	-
Necesidades Netas		5.76	5.76	5.76	5.76
Pedidos Planeados		5.76	5.76	5.76	5.76
Lanzamiento de ordenes		5.76	5.76	5.76	5.76

Figura 28. Formato de cálculo de MRP

Fuente: Elaboración propia

2.5.5. Cálculo de inversiones

Para calcular el valor de la inversión se deberá sumar: el valor total de los recursos, el valor total de las actividades, el valor de los imprevistos, el costo de las capacitaciones, los honorarios de los trabajadores, ente otros valores.

La inversión considerada para cada herramienta está conformada por tres fases: fase de planificación, fase de implementación y la fase de sostenibilidad. Cabe aclarar que el monto calculado para el proyecto es considerando lo correspondiente a toda la planta industrial, y la empresa cuenta con políticas destinadas al desarrollo de mejoras, así como recursos económicos para financiar proyectos de mejora de hasta S/. 200,000.00

A continuación, en la Tabla 11 se muestra la inversión total requerida para poner en marcha la propuesta de mejora, para más detalles del presupuesto calculado para la inversión de cada herramienta ver los anexos del 11 al 13.

Tabla 11.
Resumen de inversiones

Herramienta implementada	Pérdida monetaria actual	Pérdida monetaria después de mejora	Ahorro por campaña	Inversión requerida
SLP	S/ 88,257.92	S/ 20,065.76	S/68,192.16	S/78,200.00
MPS	S/ 31,208.40	S/ 12,483.30	S/18,725.10	S/41,100.00
MRP	S/ 26,869.67	S/ 10,747.87	S/16,121.80	S/33,372.00
TOTAL	S/ 146,335.99	S/ 43,296.93	S/103,039.06	S/152,672.00

Fuente: Elaboración propia

2.5.6. Evaluación económica - financiera

Con la inversión calculada el siguiente paso es establecer el horizonte de tiempo a evaluar y la tasa con la cual se evaluará la propuesta de mejora. Para el horizonte de tiempo se ha considerado un tiempo de vida de cinco años para el presente proyecto, esto basado en los estudios semejantes tomados como referencias que señalan que cinco años es un tiempo adecuado para que se desarrolle las tres fases de la inversión. Por otro lado, se ha considerado una tasa mínima aceptable de rendimiento (TMAR) del 18% los cálculos detallados se encuentran disponibles en el Anexo 14.

El flujo de caja desarrollado para el análisis solo considera los ingresos y egresos generados por la propuesta de mejora con la finalidad de no distorsionar el análisis como podría ocurrir si se consideraba el análisis a partir del estado de resultados de la empresa.

Entre los principales resultados obtenidos en el análisis económico se tiene que el proyecto se capitalizará en S/. 34,143.86 (VAN) a lo largo de los cinco años, con un rendimiento del 27.53% (TIR), una relación Beneficio-Costo de 1.12, esto indica que por cada sol invertido la empresa obtendrá 1.12 soles de ganancia. Finalmente se sabe que el periodo de recuperación de la inversión es de dos años y seis meses.

Con estos valores queda en evidencia que la propuesta de mejora es económicamente viable y con una alta probabilidad de éxito, lo que significa que la empresa podrá eliminar los despilfarros y ser más competitivo.

En la Figura 30 se muestra el formato empleado para el análisis económico de la propuesta de mejora desarrollada.

Inversión Total	S/.133,172.00
TMAR	19.03%

ESTADO DE RESULTADOS

AÑOS	PRESENTE	2021	2022	2023	2024	2025
Ingresos		S/.103,039.06	S/.103,039.06	S/.103,039.06	S/.103,039.06	S/.103,039.06
Egresos de la propuesta		S/.43,296.93	S/.43,296.93	S/.43,296.93	S/.43,296.93	S/.43,296.93
Utilidad Bruta		S/.59,742.13	S/.59,742.13	S/.59,742.13	S/.59,742.13	S/.59,742.13
Gastos administrativos		S/.3,750.00	S/.3,750.00	S/.3,750.00	S/.3,750.00	S/.3,750.00
Utilidad antes de impuestos		S/.55,992.13	S/.55,992.13	S/.55,992.13	S/.55,992.13	S/.55,992.13
Impuestos		S/.16,517.68	S/.16,517.68	S/.16,517.68	S/.16,517.68	S/.16,517.68
Utilidad Neta		S/.39,474.45	S/.39,474.45	S/.39,474.45	S/.39,474.45	S/.39,474.45

FLUJO DE CAJA

AÑOS	0	1	2	3	4	5
Utilidad antes de impuestos		S/.39,474.5	S/.39,474.5	S/.39,474.5	S/.39,474.5	S/.39,474.5
Depreciación de activos (+)		S/.15,000.0	S/.15,000.0	S/.15,000.0	S/.15,000.0	S/.15,000.0
Inversión	-S/.133,172.0					
Flujo Neto Efectivo	-S/.133,172.0	S/.54,474.5	S/.54,474.5	S/.54,474.5	S/.54,474.5	S/.54,474.5

INDICADORES ECONÓMICOS

VAN	S/.33,286.95	El proyecto se capitalizará en S/. 33,286.95 generando un valor atractivo para la empresa.
TIR	29.81%	El proyecto cuenta con una rentabilidad del 29.81% superior a la TMAR calculada.
RBC	1.25	Por cada sol invertido en el proyecto se obtendrá 1.25 de ganancia.
PRI (FLUJO CAJA)	2.44	De acuerdo a lo obtenido en el flujo de caja la inversión, se podrá recuperar en dos años, cinco meses y tres días.

Figura 30. Formato de evaluación económica de la propuesta de mejora

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO III. RESULTADOS

3.1. Resultados de Planeación Sistemática de la Distribución de Planta (SLP)

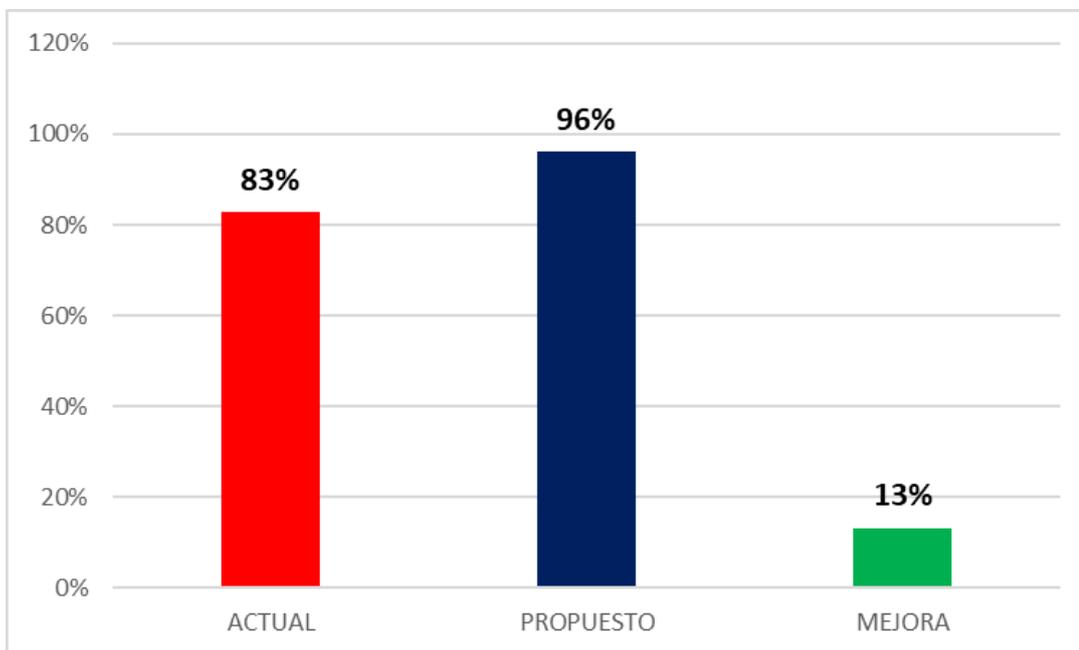


Figura 31. Porcentaje de horas efectivas para la producción

Fuente: Elaboración propia

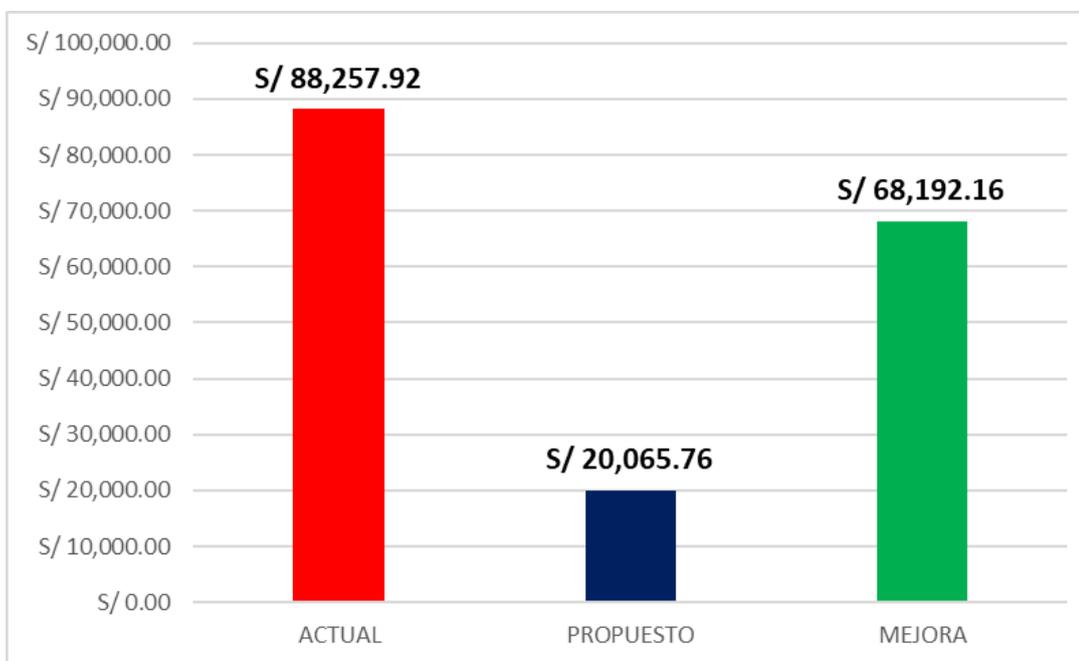


Figura 32. Pérdida monetaria generada por CR5

Fuente: Elaboración propia

3.2. Resultados de Plan Maestro de Producción (MPS)

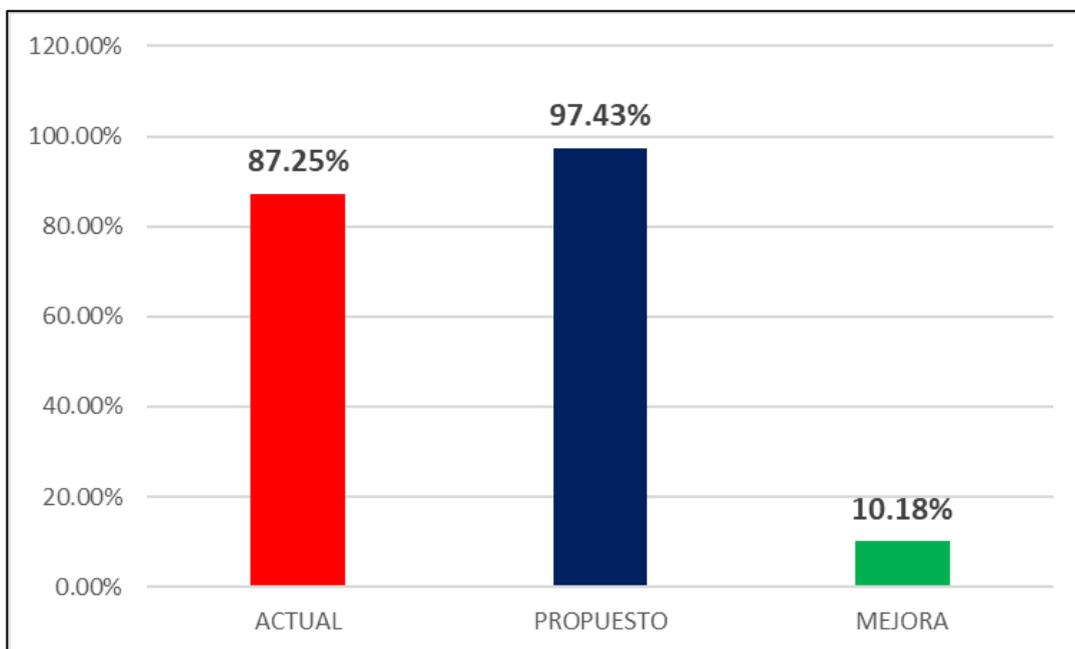


Figura 33. Porcentaje de efectividad la planificación de la producción

Fuente: Elaboración propia

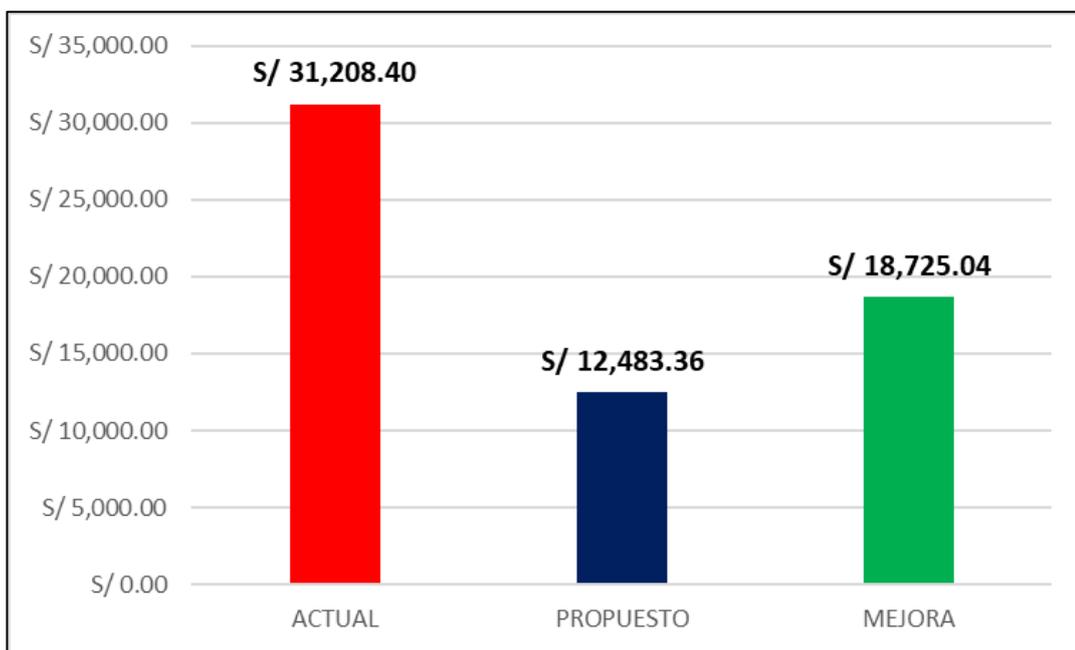


Figura 34. Pérdida monetaria generada por CR6

Fuente: Elaboración propia

3.3. Resultados de Planificación de Requerimiento de Materiales (MRP)

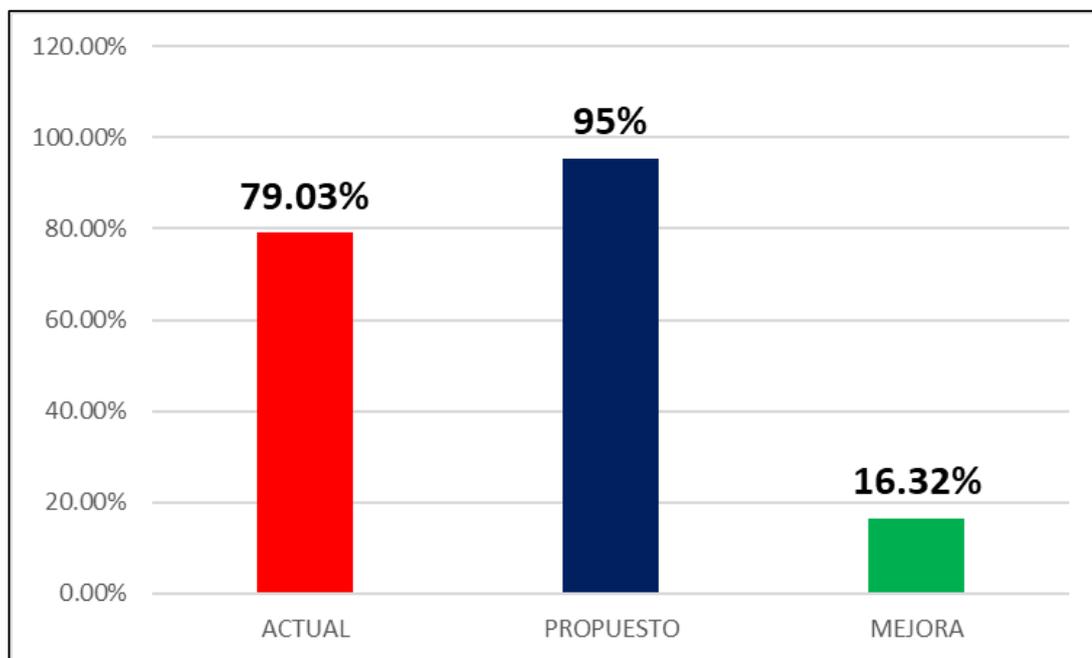


Figura 35. Porcentaje de efectividad del abastecimiento de materiales

Fuente: Elaboración propia

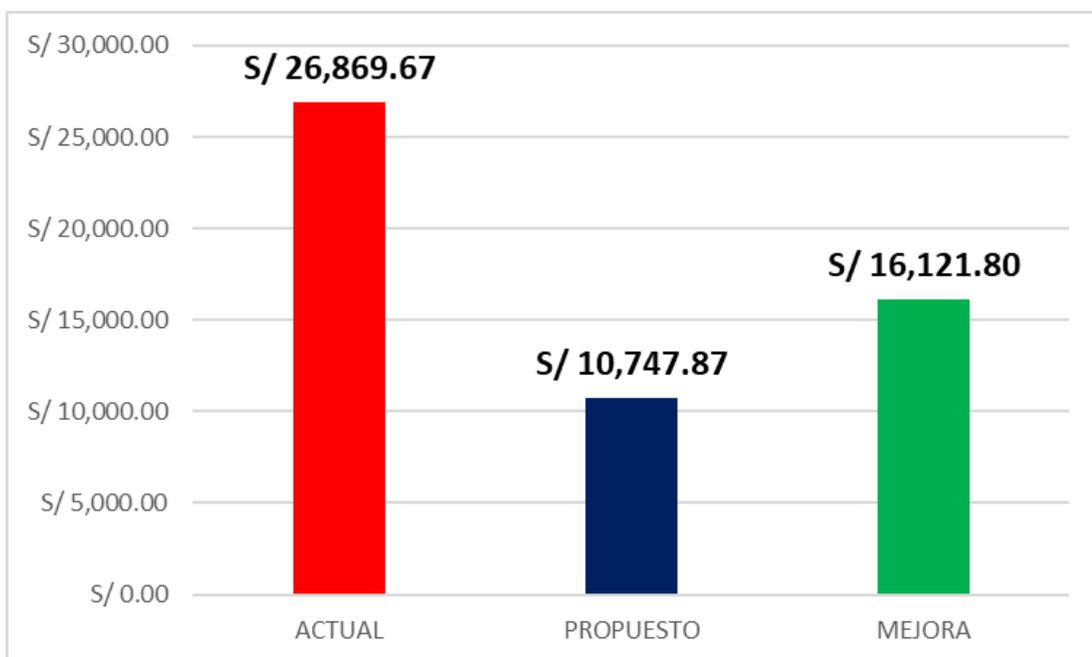


Figura 36. Pérdida monetaria generada por CR3

Fuente: Elaboración propia

3.4. Resumen de resultados

Tabla 12.

Matriz de resumen de resultados

Cri	Causa Raíz	Indicador	Valor actual	Valor meta	Pérdida monetaria anual	Pérdida monetaria tras aplicar herramientas	Ahorro esperado	Herramienta de mejora
CR5	Falta de una correcta distribución de planta	Porcentaje de horas efectivas para la producción	82.89%	96.11%	S/88,257.92	S/20,065.76	S/68,192.16	PLANEACIÓN SISTEMÁTICA DE LA DISTRIBUCIÓN EN PLANTA (SLP)
CR6	Falta de planificación de la producción	Porcentaje de efectividad la planificación de la producción	87.25%	97.43%	S/31,208.40	S/12,483.36	S/18,725.04	PLAN MAESTRO DE PRODUCCIÓN (MPS)
CR3	Falta de planificación de requerimiento de materiales	Porcentaje de efectividad del abastecimiento de materiales	79.03%	95.00%	S/26,869.67	S/10,747.87	S/16,121.80	PLANIFICACIÓN DE LOS REQUERIMIENTOS DE MATERIALES (MRP)

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

Tras implementar las SLP, en las Figura 29 y 30 se presentan los resultados obtenidos de los indicadores en relación al incremento del porcentaje de horas efectivas para la producción y la reducción de pérdida monetaria, las mejoras obtenidas reflejan el cumplimiento de los objetivos trazados antes de la propuesta de mejora; esto debido a que se mejoró la distribución de planta, reduciendo en un 87% las horas de transporte de materiales interno; al respecto, Moraga (2017) señala que con el SLP se puede encontrar de una manera totalmente objetiva una distribución que disminuya pérdidas, mientras que Franco & González (2019) agregan que para lograr una mejor distribución de planta, no solo debe considerar aspectos de distancias, sino también valorar la interrelación entre las áreas a distribuir y el costo - beneficio.

Por otra parte tras implementar MPS, en las Figura 31 y 32 se presentan los resultados obtenidos de los indicadores en relación al porcentaje de efectividad la planificación de la producción y la pérdida monetaria, la efectividad creció desde un 87.25% hasta el 97.43%, esto indica que habrá un gran ahorro porque se demuestra matemáticamente que se pueden evitar las roturas de stock; esto principalmente por que se planificar de una manera más sofisticada en comparación al método empírico con el que se venía planificando la producción; al respecto, Pedraza & Zúñiga (2017) señalan que el objetivo de MPS es permitir planificar la producción considerando todas limitaciones de capacidad y nivel de demanda.

Finalmente tras implementar MRP, en las Figura 33 y 34 se presentan los resultados obtenidos con respecto al porcentaje de efectividad del abastecimiento de materiales y la pérdida monetaria, la mejora obtenida fue el aumento del abastecimiento de materiales desde el 79% al 95%, esto indica que se logró eliminar los principales

problemas que ocasionaban la falta de abastecimiento oportuno; esto debido a que se desarrolló un modelo matemático determinístico para calcular la cantidad de materiales a comprar y los tiempos en el cual se comprarán; al respecto, Castillo & Arana (2017) señala que el MRP resulta la manera más eficiente para realizar un programa de compras, ya que este modelo está basado en cálculos matemáticos, considerando todos los aspectos técnicos para el abastecimiento.

4.2. Conclusiones

- Tras realizar el diagnóstico de la situación problemática en el área de producción, se identificaron tres problemas, que tras analizarlos mediante el criterio de las 6M en un Diagrama de Ishikawa, se realizó una encuesta para poder priorizar las causas raíz más relevante, es decir, aquellas que generan el 80% del problema sobre los costos, entonces mediante un análisis de Pareto se priorizaron las siguientes causas raíz: falta de una correcta distribución de planta, falta de planificación de la producción y falta de planificación de requerimiento de materiales.
- Se cuantificó las pérdidas monetarias de cada causa raíz, calculándose una pérdida monetaria de S/ 146,335.99, durante el último año, quedando en evidencia la necesidad de buscar mejoras que reduzcan esta pérdida.
- La propuesta de mejora se desarrolló a través de tres herramientas de mejora las cuales fueron: SLP, MPS y MRP obteniéndose resultados significativos entre los principales están: el incremento del porcentaje de horas efectivas para la producción que pasó de 82.89% al 96.11%; el incremento del porcentaje de efectividad la planificación de la producción del 87.25 al 97.43% y el incremento del porcentaje de efectividad del abastecimiento de materiales de un 79.03% hasta el 95%.
- Se evaluó económicamente la propuesta de mejora a través de los principales indicadores como; VAN, TIR y B/C, obteniendo valores de S/. 33,286.95; 29.81%

y 1.25, para cada indicador respectivamente, evidenciando que la implementación de las herramientas era factible y rentable para la empresa.

- Finalmente se determinó que la propuesta de implementación de herramientas de Gestión de la Producción tiene un impacto sobre los costos ya que estos se reducen en un 21.93% es decir un ahorro por año de S/.103,039.10.

REFERENCIAS

- Aguirre (2015), *Sistema de Costeo. La asignación del costo total a productos y servicios*. Colección de estudios de Contaduría. Colombia.
- Arbós, L. (2012). *Planificación de la producción. Gestión de materiales: Organización de la producción y dirección de operaciones*. Ediciones Díaz de Santos.
- Castillo, E. & Arana, E. (2017). *Propuesta de un sistema MRP para incrementar la productividad en la línea de fabricación de calzados de la empresa Estefany Rouss, Trujillo*. Tesis de titulación. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo – Perú.
- Chase, R.; Jacobs, R. & Aquilano, N. (2000). *Administración de operaciones, producción y cadena de suministro*. Mexico: McGRAW-HIL
- Cruelles, J. (2012). *Stocks, procesos y dirección de operaciones: conoce y gestiona tu fábrica*. Marcombo.
- Del Río, M.; Martínez, J.; Martín, A. & Bravo-Aranda, G. (2003). *Estudio comparativo de las estrategias para la distribución del espacio en planta en los campos de la arquitectura e ingeniería*. En: VII CONGRESO INTERNACIONAL de Ingeniería de Proyectos. Pamplona, España. Asociación Española de Dirección e Ingeniería de Proyectos (AEIPRO).
- Durand, F. (2017). *Los doce apóstoles de la economía peruana: una mirada social a los grupos de poder limeños y provincianos*. Fondo Editorial de la PUCP.
- Franco, E. & González, L. (2019). *Rediseño de una línea de producción para una empresa procesadora de barra de cereales*. Tesis de Bachillerato. Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador.
- Gaither, N., & Frazier, G. (2000). *Administración de producción y operaciones* (Vol. 8). International Thomson.

- Laura, V. (2019). *Diseño y aplicación de un plan maestro de producción para aumentar la eficiencia productiva en una empresa de bisagras*. Tesis de bachillerato. Universidad Tecnológica del Perú. Lima – Perú.
- Loayza, N. (2016). *La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo en el Perú y el mundo*. Revista estudios económicos, 31(9), 9-31.
- Maquera M. (2019). *El Ahorro Financiero y su Relación con el Crecimiento Económico del Perú en el Periodo 2008-2018*.
- Moraga, D. (2017). *Propuesta de distribución de planta y de ambiente de trabajo para la nueva instalación de la empresa MV Construcciones Ltda de la comuna de Llanquihue*. Tesis de titulación. Universidad Astral de Chile, Valdivia – Chile.
- Muther, R. (2015). *Planeación Sistemática de la Distribución en planta*. Novena edición. Editorial Mc Graw Hill.
- Pedraza, C. & Zúñiga, I. (2017). *Planeación Y Control De La Producción Aplicando El Plan Maestro, Plan Agregado Y Mrp Para Incrementar La Productividad En La Empresa Renisal SAC*. Tesis de investigación. Universidad Señor de Sipán, Pimentel – Perú.
- Riesco, M. (2005). *Gestión De La Producción/the Transit of Production: Como Planificar Y Controlar La Producción Industrial*. Ideas propias Editorial SL.
- Rivera, J. , Churampi, E., & Barzola, V. (2019) *Competitividad regional, densidad del estado y producción bruta interna per cápita en las regiones del Perú*. Balance´ s, 6(8), 28-3

ANEXOS

ANEXO 01: Encuesta para priorizar causas raíz

ENCUESTA DE PRIORIZACIÓN DE CAUSAS RAÍZ

Área de Aplicación: Producción

Problema : Altos costos en el área de producción

Nombre: _____

Valorización	Puntaje
Alto	3
Regular	2
Bajo	1

Valorización	Puntaje
10 a más incidencias	10
5 a 10 incidencias	5
0 a 5 incidencias	1

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE EL NIVEL DE RELEVANCIA DE CADA CAUSA RAÍZ SOBRE EL PROBLEMA PRINCIPAL Y LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA MENSUAL

CAUSAS RAÍZEN EL ÁREA DE PRODUCCIÓN			
Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Valorización	Frecuencia
Cr1	Absentismo laboral		
Cr2	Hornos muy rudimentarios		
Cr3	Falta de planificación de requerimiento de materiales		
Cr4	Falta de indicadores de gestión		
Cr5	Falta de una correcta distribución de planta		
Cr6	Falta de planificación de la producción		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 02: Matriz de priorización

MATRIZ DE PRIORIZACIÓN - CAUSAS RAÍZ DE PRODUCCIÓN				
ITEM	CAUSA	Σ (Impacto según encuesta)	% Impacto	Acumulado
CR5	Falta de una correcta distribución de planta	85	33%	33%
CR6	Falta de planificación de la producción	70	27%	60%
CR3	Falta de planificación de requerimiento de materiales	53	20%	80%
CR2	Hornos muy rudimentarios	20	8%	88%
CR4	Falta de indicadores de gestión	17	7%	95%
CR1	Absentismo laboral	14	5%	100%
TOTAL		259		

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 03: Costos de fabricación

COSTOS DE FABRICACIÓN				
MATERIALES DIRECTOS				
Materiales	Unidades	Cantidad	C.U.	TOTAL
ARENA ESPECIAL	TONELADA	52	S/30.00	S/1,554.37
ARENA AZUL	TONELADA	69	S/35.00	S/2,417.91
TIERRA	TONELADA	55	S/80.00	S/4,421.31
AGUA	METROS CÚBICOS	55	S/2.83	S/156.40
COSTO TOTAL MENSUAL				S/8,549.99
MANO DE OBRA DIRECTA				
Trabajadores	Tipo de contrato	Número de trabajadores	Sueldo por trabajador	TOTAL
Labradores	Contrato temporal	8	S/930.00	S/7,440.00
Quemadores y transportadores	Contrato temporal	6	S/930.00	S/5,580.00
COSTO TOTAL MENSUAL				S/13,020.00
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
MATERIAL INDIRECTO				
Insumos	Unidades	Cantidad	C.U.	TOTAL
CARBON	TONELADA	45	S/50.00	S/2,250.00
BRIQUETA	DOCENA	20	S/150.00	S/3,000.00
CAUCHO	KG	1054	S/0.50	S/527.00
LEÑA	KG	547	S/0.75	S/410.25
COSTO TOTAL MENSUAL				S/6,187.25
MANO DE OBRA INDIRECTA				
Trabajadores	Tipo de contrato	Número de trabajadores	Sueldo por trabajador	TOTAL
Jefe de producción	Contrato fijo	1	S/2,500.00	S/2,500.00
Supervisor de producción	Contrato fijo	1	S/1,500.00	S/1,500.00
Jefe de logística	Contrato fijo	1	S/2,000.00	S/2,000.00
Supervisor de seguridad	Contrato fijo	1	S/1,800.00	S/1,800.00
COSTO TOTAL MENSUAL				S/7,800.00
OTROS COSTOS INDIRECTOS				
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDADES	C.U.	TOTAL
Energía Eléctrica	545	KWh	S/0.21	S/114.45
Servicio de agua y alcantarillado	22	m ³	S/7.50	S/165.00
Predios	1	impuesto	S/850.00	S/850.00
Celulares	5	servicio	S/50.00	S/250.00
GPL	55	galon	S/14.00	S/770.00
Productos de limpieza	1	servicio	S/200.00	S/200.00
Depreciación de máquinas	1	servicio	S/1,250.00	S/1,250.00
COSTO TOTAL MENSUAL				S/3,599.45
COSTO INDIRECTOS DE FABRICACIÓN MENSUAL				S/17,586.70

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 04: Estado de resultados

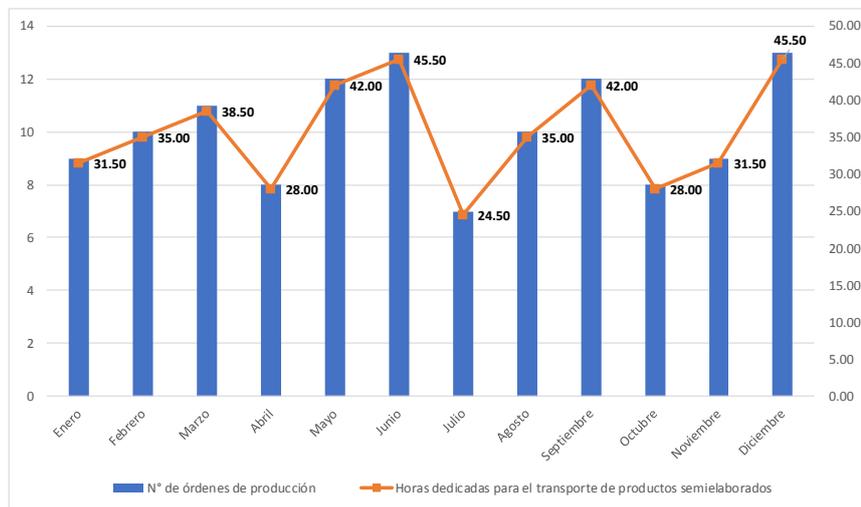
<i>ESTADO DE RESULTADOS MENSUAL</i>					
Descripción	Costo total	Producción	Horas trabajadas	Costo por ladrillo	Costo por hora
Ingresos por ventas	S/62,174.70	69083	208	S/0.90	S/298.92
Costo materiales directos	S/8,549.99	69083	208	S/0.12	S/41.11
Costo mano de obra directa	S/13,020.00	69083	208	S/0.19	S/62.60
Costos indirectos de fabricación	S/17,586.70	69083	208	S/0.25	S/84.55
Utilidad Bruta	S/23,018.01	69083	208	S/0.33	S/110.66
Gastos administrativos y ventas	S/5,450.00	69083	208	S/0.08	S/26.20
Utilidad antes de impuestos	S/17,568.01	69083	208	S/0.25	S/84.46
Impuestos	S/5,182.56	69083	208	S/0.08	S/24.92
Utilidad Neta (Costo de oportunidad)	S/12,385.45	69083	208	S/0.18	S/59.55

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 05: Base de datos CR5

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	CAUSA RAÍZ N° 5	Área:	PRODUCCIÓN
	Falta de una correcta distribución de planta	Fecha:	15/01/2020

Mes	N° de órdenes de producción	Horas dedicadas para el transporte de productos semielaborados
Enero	9	31.50
Febrero	10	35.00
Marzo	11	38.50
Abril	8	28.00
Mayo	12	42.00
Junio	13	45.50
Julio	7	24.50
Agosto	10	35.00
Septiembre	12	42.00
Octubre	8	28.00
Noviembre	9	31.50
Diciembre	13	45.50

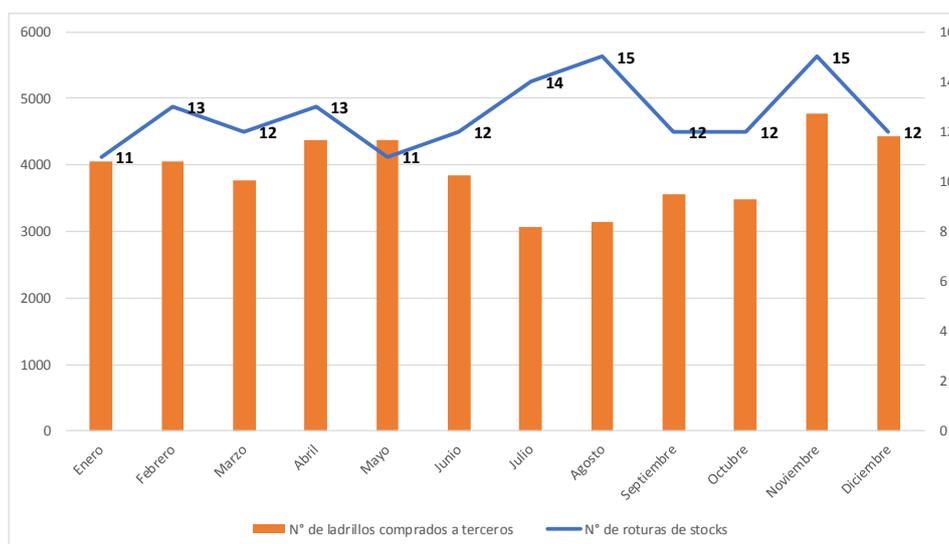


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 06: Base de datos CR6

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	CAUSA RAÍZ N° 6	Área:	PRODUCCIÓN
	Falta de planificación de la producción	Fecha:	15/01/2020

Mes	N° de órdenes de despacho de producto terminado	N° de roturas de stocks	N° de ladrillos comprados a terceros
Enero	81	11	4053
Febrero	116	13	4050
Marzo	115	12	3768
Abril	98	13	4374
Mayo	124	11	4382
Junio	101	12	3838
Julio	95	14	3064
Agosto	82	15	3137
Septiembre	114	12	3556
Octubre	81	12	3478
Noviembre	95	15	4765
Diciembre	90	12	4435
Promedio	99	13	3908

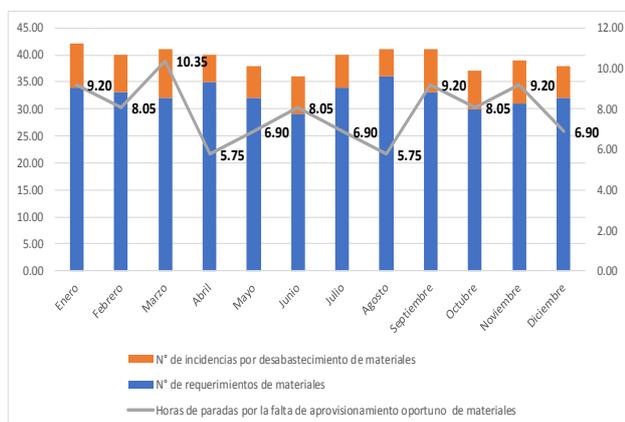


Fuente: Elaboración propia

ANEXO 07: Base de datos CR3

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	CAUSA RAÍZ N° 3	Área:	PRODUCCIÓN
	Falta de planificación de requerimiento de materiales	Fecha:	15/01/2020

Mes	N° de requerimientos de materiales	N° de incidencias por desabastecimiento de materiales	Horas de paradas por la falta de aprovisionamiento oportuno de materiales
Enero	34.00	8.00	9.20
Febrero	33.00	7.00	8.05
Marzo	32.00	9.00	10.35
Abril	35.00	5.00	5.75
Mayo	32.00	6.00	6.90
Junio	29.00	7.00	8.05
Julio	34.00	6.00	6.90
Agosto	36.00	5.00	5.75
Septiembre	33.00	8.00	9.20
Octubre	30.00	7.00	8.05
Noviembre	31.00	8.00	9.20
Diciembre	32.00	6.00	6.90
Promedio	33	7	7.86



Fuente: Elaboración propia

ANEXO 08: Cuantificación de la pérdida monetaria de CR5

PÉRDIDA MONETARIA POR FALTA DE UNA CORRECTA DISTRIBUCIÓN DE PLANTA						
DATOS			FÓRMULA			
Costo Mano de obra directa por hora	S/	62.60	<i>PÉRDIDA MONETARIA</i> = (H.T. H.P. = Horas de paradas por falta de aprovisionamiento oportuno de materiales M.O.D. = Costo de mano de obra directa por hora M.O.D.E. = Costo de mano de obra directa por horas extras C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.O. = Costo de oportunidad por hora			
Costos indirectos de fabricación por hora	S/	84.55				
Costo de oportunidad por hora	S/	59.55				
Año	Mes	Horas de transportes	Costo mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
2019	Enero	31.50	S/1,971.78	S/2,663.37	S/1,875.68	S/6,510.83
	Febrero	35.00	S/2,190.87	S/2,959.30	S/2,084.09	S/7,234.26
	Marzo	38.50	S/2,409.95	S/3,255.23	S/2,292.50	S/7,957.68
	Abril	28.00	S/1,752.69	S/2,367.44	S/1,667.27	S/5,787.40
	Mayo	42.00	S/2,629.04	S/3,551.16	S/2,500.91	S/8,681.11
	Junio	45.50	S/2,848.13	S/3,847.09	S/2,709.32	S/9,404.53
	Julio	24.50	S/1,533.61	S/2,071.51	S/1,458.86	S/5,063.98
	Agosto	35.00	S/2,190.87	S/2,959.30	S/2,084.09	S/7,234.26
	Septiembre	42.00	S/2,629.04	S/3,551.16	S/2,500.91	S/8,681.11
	Octubre	28.00	S/1,752.69	S/2,367.44	S/1,667.27	S/5,787.40
	Noviembre	31.50	S/1,971.78	S/2,663.37	S/1,875.68	S/6,510.83
	Diciembre	45.50	S/2,848.13	S/3,847.09	S/2,709.32	S/9,404.53
Promedio mensual		36	S/2,227.38	S/3,008.62	S/2,118.82	S/7,354.83
Total anual		427	S/26,728.56	S/36,103.47	S/25,425.90	S/88,257.92

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 09: Cuantificación de la pérdida monetaria de CR6

PÉRDIDA MONETARIA POR FALTA DE PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN						
DATOS			FÓRMULA			
Costo de oportunidad por ladrillo	S/0.18	$PÉRDIDA\ MONETARIA = (N.R.S. * C.R.S.) + (N.L.C.T. * C.O.)$ N.R.S. = Número de roturas de Stock C.R.S. = Costo adicional por rotura de stock N.L.C.T. = Número de ladrillos comprados a terceros C.O. = Costo de oportunidad				
Costo adicional por rotura de stock	S/150.00					
Año	Mes	Nº roturas de stock	Ladrillos comprados a terceros	Costo adicional por rotura de stock	Costo de oportunidad	Pérdida monetaria
2019	Enero	11	4053	S/1,650.00	S/726.64	S/2,376.64
	Febrero	13	4050	S/1,950.00	S/726.10	S/2,676.10
	Marzo	12	3768	S/1,800.00	S/675.54	S/2,475.54
	Abril	13	4374	S/1,950.00	S/784.19	S/2,734.19
	Mayo	11	4382	S/1,650.00	S/785.62	S/2,435.62
	Junio	12	3838	S/1,800.00	S/688.09	S/2,488.09
	Julio	14	3064	S/2,100.00	S/549.32	S/2,649.32
	Agosto	15	3137	S/2,250.00	S/562.41	S/2,812.41
	Septiembre	12	3556	S/1,800.00	S/637.53	S/2,437.53
	Octubre	12	3478	S/1,800.00	S/623.55	S/2,423.55
	Noviembre	15	4765	S/2,250.00	S/854.29	S/3,104.29
	Diciembre	12	4435	S/1,800.00	S/795.12	S/2,595.12
PROMEDIO MENSUAL		13	3908	S/1,900.00	S/700.70	S/2,600.70
TOTAL ANUAL		152	46900	S/22,800.00	S/8,408.40	S/31,208.40

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 10: Cuantificación de la pérdida monetaria de CR3

PÉRDIDA MONETARIA POR FALTA DE PLANIFICACIÓN DE REQUERIMIENTO DE MATERIALES								
DATOS			FÓRMULA					
Costo Mano de obra directa por hora	S/	62.60	$PÉRDIDA\ MONETARIA = (HP.*M.O.D.) + (HP.*M.O.D.E.) + (H.P.*C.I.F.) + (H.P.*C.O.)$ H.P. = Horas de paradas por falta de aprovisionamiento oportuno de materiales M.O.D. = Costo de mano de obra directa por hora M.O.D.E. = Costo de mano de obra directa por horas extras C.I.F. = Costos indirectos de fabricación por hora C.O. = Costo de oportunidad por hora					
Costos indirectos de fabricación por hora	S/	84.55						
Costo de oportunidad por hora	S/	59.55						
Año	Mes	N° de incidencias por desabastecimiento	Horas de paradas por falta de aprovisionamiento	Costo de mano de obra directa	Costo por horas extras de mano de obra directa	Costos indirectos de fabricación	Costos de oportunidad	Pérdida monetaria
2019	Enero	8.00	9.20	S/575.88	S/719.86	S/777.87	S/547.82	S/2,621.43
	Febrero	7.00	8.05	S/503.90	S/629.87	S/680.64	S/479.34	S/2,293.75
	Marzo	9.00	10.35	S/647.87	S/809.84	S/875.11	S/616.30	S/2,949.11
	Abril	5.00	5.75	S/359.93	S/449.91	S/486.17	S/342.39	S/1,638.39
	Mayo	6.00	6.90	S/431.91	S/539.89	S/583.40	S/410.86	S/1,966.07
	Junio	7.00	8.05	S/503.90	S/629.87	S/680.64	S/479.34	S/2,293.75
	Julio	6.00	6.90	S/431.91	S/539.89	S/583.40	S/410.86	S/1,966.07
	Agosto	5.00	5.75	S/359.93	S/449.91	S/486.17	S/342.39	S/1,638.39
	Septiembre	8.00	9.20	S/575.88	S/719.86	S/777.87	S/547.82	S/2,621.43
	Octubre	7.00	8.05	S/503.90	S/629.87	S/680.64	S/479.34	S/2,293.75
	Noviembre	8.00	9.20	S/575.88	S/719.86	S/777.87	S/547.82	S/2,621.43
	Diciembre	6.00	6.90	S/431.91	S/539.89	S/583.40	S/410.86	S/1,966.07
Promedio mensual		7	7.86	S/491.90	S/614.88	S/664.43	S/467.93	S/2,239.14
Total anual		82	94.30	S/5,902.82	S/7,378.52	S/7,973.20	S/5,615.13	S/26,869.67

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 11: Presupuesto de inversión de SLP

Nombre o título del proyecto:		PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR PMP	
FASE DE PLANIFICACIÓN		S/15,350.00	
FASE DE IMPLEMENTACIÓN		S/121,750.00	
INVERSIÓN TOTAL		S/137,100.00	
1. PLANIFICACIÓN :			
Concepto del Gasto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Honorarios de investigador	S/3,000.00	1	S/3,000.00
Costo de planos	S/4,500.00	1	S/4,500.00
Gestión de permisos para remodelación	S/2,500.00	3	S/7,500.00
Material didáctico y útiles	S/350.00	1	S/350.00
	S/10,350.00		S/15,350.00
2. IMPLEMENTACIÓN :			
Concepto del Gasto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Contrato de remodelación con constructora	S/105,000.00	1	S/105,000.00
Costo de señalización	S/1,250.00	3	S/3,750.00
Reinstalación de servicio eléctrico y de agua	S/3,500.00	1	S/3,500.00
Otros gastos	S/9,500.00	1	S/9,500.00
	S/14,250.00		S/121,750.00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 12: Presupuesto de inversión de MPS

Nombre o título del proyecto:		PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR MPS		
FASE DE PLANIFICACIÓN		S/13,600.00		
FASE DE IMPLEMENTACIÓN		S/19,000.00		
FASE DE SOSTENIBILIDAD		S/8,500.00		
INVERSIÓN TOTAL		S/41,100.00		
1. PLANIFICACIÓN :				
Concepto del Gasto		Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Honorarios de investigador		S/3,000.00	1	S/3,000.00
Costo de capacitaciones		S/6,500.00	1	S/6,500.00
Honorario de encargados de planificación		S/1,250.00	3	S/3,750.00
Material didáctico y útiles		S/350.00	1	S/350.00
		S/11,100.00		S/13,600.00
2. IMPLEMENTACIÓN :				
Concepto del Gasto		Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Honorario investigador		S/1,500.00	5	S/7,500.00
Honorario de encargados de planificación		S/1,250.00	3	S/3,750.00
Materiales para la intervención		S/250.00	1	S/250.00
Implementación de software para PMP		S/7,500.00	1	S/7,500.00
		S/9,000.00		S/19,000.00
3. SOSTENIBILIDAD :				
Concepto del Gasto		Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Costos de auditorías		S/1,500.00	4	S/6,000.00
Finalización o edición registro informe final		S/2,500.00	1	S/2,500.00
		S/4,000.00		S/8,500.00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 13: Presupuesto de inversión de MRP

Nombre o título del proyecto:		PRESUPUESTO PARA IMPLEMENTAR MRP	
FASE DE PLANIFICACIÓN		S/14,300.00	
FASE DE IMPLEMENTACIÓN		S/12,572.00	
FASE DE SOSTENIBILIDAD		S/6,500.00	
INVERSIÓN TOTAL		S/33,372.00	
1. PLANIFICACIÓN :			
Concepto del Gasto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Honorario investigadores	S/3,000.00	1	S/3,000.00
Costo de capacitaciones	S/6,500.00	1	S/6,500.00
Honorario trabajadores y supervisores	S/930.00	5	S/4,650.00
Material didáctico y útiles	S/150.00	1	S/150.00
	S/10,580.00		S/14,300.00
2. IMPLEMENTACIÓN :			
Concepto del Gasto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Honorario trabajadores y supervisores	S/930.00	5	S/4,650.00
Materiales para la intervención	S/150.00	1	S/150.00
Impresión de textos de apoyo (fichas técnicas u otros)	S/147.00	1	S/147.00
Implementación de software	S/7,500.00	1	S/7,500.00
Impresión y circulación de piezas comunicativas y de divulgación	S/125.00	1	S/125.00
	S/8,852.00		S/12,572.00
3. SOSTENIBILIDAD :			
Concepto del Gasto	Valor Unitario	Cantidad	Valor Total
Costos de auditorías	S/1,000.00	4	S/4,000.00
Finalización o edición registro informe final	S/2,500.00	1	S/2,500.00
	S/3,500.00		S/6,500.00

Fuente: Elaboración propia

ANEXO 14: Cálculo de TMAR

Año	Inflación acumulada al último día de diciembre	100% + Inflación anual acumulada
2015	4.40	104.40
2016	3.23	103.23
2017	1.36	101.36
2018	2.19	102.19
2019	1.90	101.90
f = inflación media anual =		2.61%

Tipo de riesgo	i = premio al riesgo
Bajo	1 a 10 %
Medio	11 a 20 %
Alto	>20%

Fuente: Baca (2017)

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú (2019)

Fórmula: $TMAR = i + f + if$

Ítem	Concepto	Valor
i	inflación	2.61%
f	premio al riesgo	15.00%
TMAR	Tasa mínima aceptable de rendimiento	18.00%

Fuente: Baca (2017)

Fuente: Elaboración propia