



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Análisis y propuestas de mejora del proceso productivo de  
la empresa ladrillera Cerámicos Piura S.A.C.**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Industrial y de Sistemas

**Joan Marcelo Bayona Aponte  
Jhonn Francis Sosa Marchan**

**Asesor:  
Dr. Ing. José Luis Calderón Lama**

**Piura, mayo de 2023**

NOMBRE DEL TRABAJO

**TESIS CERÁMICOS PIURA.docx**

AUTOR

**Joan Bayona**

RECUENTO DE PALABRAS

**25710 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**137714 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**135 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**20.1MB**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 24, 2023 8:14 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Mar 24, 2023 8:19 AM GMT-5****● 14% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 11% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

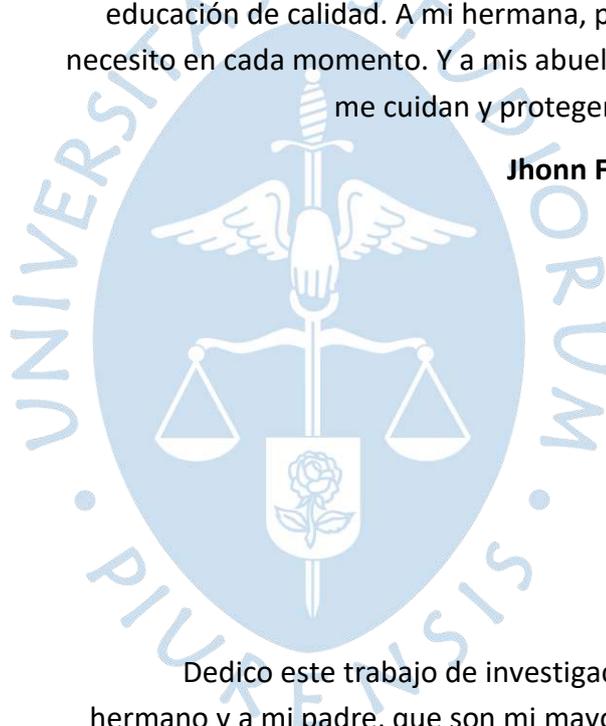
**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Fuentes excluidas manualmente
- Bloques de texto excluidos manualmente

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis a mis padres, por su apoyo continuo, amor incondicional y sacrificio diario para brindarme una educación de calidad. A mi hermana, por ser el soporte que necesito en cada momento. Y a mis abuelos que desde el Cielo me cuidan y protegen, guiando mis pasos.

**Jhonn Francis Sosa Marchan**



Dedico este trabajo de investigación a mi madre, a mi hermano y a mi padre, que son mi mayor ejemplo y el motor principal para siempre salir adelante. A mi familia por su motivación constante, por ayudarme a nunca bajar los brazos y aconsejarme con sabiduría. Y a cada persona que nos abrió las puertas con información, asesoría u oportunidades, con el único fin de facilitar el desarrollo de esta investigación.

**Joan Marcelo Bayona Aponte**



## Resumen

El presente trabajo de investigación muestra el análisis del proceso productivo de la empresa Cerámicos Piura S.A.C, dedicada a la fabricación de ladrillo cerámico no refractario en sus diferentes presentaciones al público, bajo la marca "Tallán". En este trabajo se aplicaron metodologías y herramientas de mejoramiento productivo con el objetivo de identificar y proponer mejoras al proceso, para así aumentar la capacidad de producción de la planta y cubrir la demanda del mercado.

Para cumplir con este objetivo, se recopilaron datos de los diferentes turnos de producción, con los cuales se logró realizar un diagnóstico actual del proceso productivo, mediante el uso de las metodologías KAISEN, Pareto e Ishikawa, identificando así los principales problemas y riesgos. Los problemas claves identificados fueron: deficiencias en el proceso de secado, falta de orden y limpieza, deficiencia en el control de información, disposición de planta ineficiente, merma excesiva de ladrillo cocido y falta de planificación de mantenimiento preventivo.

A partir de ellos se plantearon y evaluaron económicamente propuestas de mejora como la implementación de secaderos rápidos, la aplicación de la metodología 5S, modificación de disposición en planta, rediseño e implementación de reportes de producción, control de parámetros de producción y planificación de mantenimiento. Esto permitirá a la empresa evaluar cuales son las propuestas que más se ajustan a sus objetivos y que se encuentren alineados con su misión y visión.



## Tabla de contenido

Introducción .....	17
Capítulo 1 .....	19
Marco teórico .....	19
1.1 Definición de ladrillo de arcilla .....	19
1.2 Historia del ladrillo de arcilla .....	19
1.3 Composición y propiedades del ladrillo de arcilla .....	21
1.3.1 Composición .....	21
1.3.2 Propiedades .....	22
1.4 Métodos de fabricación de ladrillos de arcilla .....	23
1.4.1 <i>Método artesanal</i> .....	23
1.4.2 <i>Método semindustrial</i> .....	23
1.4.3 <i>Método industrial</i> .....	24
1.5 Tipos de ladrillos de arcilla .....	25
1.6 Productos sustitutos .....	27
1.7 Herramientas de mejoramiento .....	29
1.7.1 <i>Flujograma de procesos</i> .....	29
1.7.2 <i>Método 5S</i> .....	30
1.7.3 <i>Método KAIZEN</i> .....	32
1.7.4 <i>Diagrama de Pareto</i> .....	33
1.7.5 <i>Diagrama de Ishikawa</i> .....	34
1.8 Metodología de disposición en planta .....	34
1.8.1 <i>Matriz de interrelaciones</i> .....	35
1.8.2 <i>Diagrama de interrelaciones</i> .....	36
1.8.3 <i>Método Guerchet</i> .....	37
1.8.4 <i>Diagrama de bloques</i> .....	38
1.8.5 <i>Lay out</i> .....	39
1.8.6 <i>Evaluación multicriterio</i> .....	39

Capítulo 2 .....	41
Descripción de Cerámicos Piura S.A.C.....	41
2.1 Razón social .....	41
2.2 Misión .....	41
2.3 Visión .....	42
2.4 Organigrama de Cerámicos Piura S.A.C.....	42
2.5 Cartera de productos.....	42
2.6 Proceso general de Cerámicos Piura S.A.C.....	44
2.6.1 <i>Procesos estratégicos:</i> .....	44
2.6.2 <i>Procesos operativos:</i> .....	44
2.6.3 <i>Procesos de soporte:</i> .....	44
Capítulo 3 .....	47
Diagnóstico actual de los procesos productivos.....	47
3.1 Descripción del proceso productivo.....	47
3.1.1 <i>Recepción de arcillas</i> .....	48
3.1.2 <i>Almacenamiento de arcillas:</i> .....	49
3.1.3 <i>Mezclado de arcillas</i> .....	50
3.1.4 <i>Dispensado de mezcla</i> .....	51
3.1.5 <i>Molienda</i> .....	52
3.1.6 <i>Zarandeado y almacenamiento</i> .....	54
3.1.7 <i>Humectación y amasado</i> .....	55
3.1.8 <i>Laminado</i> .....	56
3.1.9 <i>Extrusión al vacío</i> .....	57
3.1.10 <i>Cortado del crudo</i> .....	58
3.1.11 <i>Transporte de crudo al área de secado</i> .....	59
3.1.12 <i>Secado de ladrillo crudo</i> .....	60
3.1.13 <i>Recepción y armado de paquetes</i> .....	61
3.1.14 <i>Quemado del ladrillo crudo</i> .....	63
3.1.15 <i>Enfriamiento del ladrillo cocido</i> .....	65
3.1.16 <i>Transporte de ladrillo cocido</i> .....	66
3.2 Identificación de problemas y riesgos.....	67
3.2.1 <i>Despilfarros identificados en el proceso de formado</i> .....	67
3.2.2 <i>Determinación de problemas y riesgos clave</i> .....	72

Capítulo 4 .....	75
Propuestas de mejoramiento.....	75
4.1    Identificación de oportunidades de mejora .....	75
4.1.1    Ishikawa de deficiencias en proceso de secado .....	75
4.1.2    Ishikawa de falta de orden y limpieza.....	76
4.1.3    Ishikawa de deficiencia en el control de información .....	76
4.1.4    Ishikawa de disposición en planta ineficiente.....	77
4.1.5    Ishikawa de merma excesiva de ladrillo cocido .....	77
4.1.6    Ishikawa de falta de mantenimiento preventivo .....	78
4.2    Propuesta de mejoramiento de procesos .....	78
4.2.1    Implementación de secadero rápido.....	78
4.2.2    Implementación de metodología 5'S .....	85
4.2.3    Propuesta de mejoramiento de los procedimientos de información .....	90
4.2.4    Propuesta de rediseño de disposición en planta.....	94
4.2.5    Merma excesiva de ladrillo cocido .....	103
4.2.6    Falta de planificación de mantenimiento preventivo .....	105
Capítulo 5 .....	109
Análisis económico.....	109
5.1    Costo de la inversión .....	109
5.1.1    Presupuesto económico de implementación de secadero rápido .....	111
5.1.2    Presupuesto económico de implementación de metodología 5'S .....	113
5.1.3    Presupuesto económico de mejoramiento de los procesos de información.....	114
5.1.4    Presupuesto económico de rediseño de la disposición en planta .....	116
5.1.5    Presupuesto económico para reducción de merma de ladrillo cocido .....	117
5.1.6    Presupuesto económico para planificación de mantenimiento preventivo.....	119
5.2    Evaluación de propuestas.....	121
Conclusiones.....	123
Recomendaciones .....	125
Referencias bibliográficas .....	127
Apéndices.....	131
Apéndice A    Reporte de stock de materia prima (Arcillas y mezclas) .....	133
Apéndice B    Reporte de operación diaria de cargador frontal .....	134
Apéndice C    Reporte de mantenimiento preventivo de cargador frontal .....	135

Apéndice D	Reporte de control de producto seco .....	136
Apéndice E	Reporte de control de producto cocido .....	137
Apéndice F	Flujo económico – Implementación de Secadero rápido .....	138
Apéndice G	Flujo económico – Implementación de Metodología 5'S .....	138
Apéndice H	Flujo económico – Mejoramiento de los procedimientos de información .....	138
Apéndice I	Flujo económico – Rediseño de disposición en planta .....	139
Apéndice J	Flujo económico – Merma excesiva de ladrillo cocido .....	139
Apéndice K	Flujo económico – Falta de planificación de mantenimiento preventivo .....	139



## Lista de tablas

Tabla 1. Cuadro comparativo de métodos de producción.....	25
Tabla 2. Códigos de proximidad .....	35
Tabla 3. Razones de proximidad .....	36
Tabla 4. Ejemplo de evaluación multicriterio.....	40
Tabla 5. Mezcla ladrillo KK18 - Tipo IV.....	50
Tabla 6. Mezcla ladrillo Techo 15-12.....	50
Tabla 7. Mezcla ladrillo Pandereta.....	51
Tabla 8. Mezcla de insumos .....	64
Tabla 9. Función de insumos.....	64
Tabla 10. Datos para diagrama de Pareto.....	73
Tabla 11. Cuadro comparativo secaderos industriales.....	84
Tabla 12. Área requerida-Área de producción.....	96
Tabla 13. Área requerida-Área de mantenimiento.....	97
Tabla 14. Compilado de áreas requeridas.....	98
Tabla 15. Evaluación multicriterio.....	103
Tabla 16. Ejemplo de plan de mantenimiento.....	108
Tabla 17. Distribución de producción mensual.....	109
Tabla 18. Datos por tipo de ladrillo.....	110
Tabla 19. Distribución de toneladas y costo por problema - 1 .....	110
Tabla 20. Distribución de toneladas y costo por problema - 2 .....	111
Tabla 21. Presupuesto de ingresos .....	111
Tabla 22. Presupuesto de inversión - Secadero rápido.....	111
Tabla 23. Presupuesto de costos - Secadero rápido .....	112
Tabla 24. Flujo de caja 1er año - Secadero rápido .....	112
Tabla 25. Depreciación-Secadero rápido .....	112
Tabla 26. Presupuesto de inversión - Metodología 5'S.....	113

Tabla 27. Presupuesto de costos - Metodología 5'S .....	113
Tabla 28. Flujo de caja 1er año – Metodología 5'S .....	114
Tabla 29. Depreciación – Metodología 5'S.....	114
Tabla 30. Presupuesto de inversión - Procesos de información .....	114
Tabla 31. Presupuesto de costos - Procesos de información.....	115
Tabla 32. Flujo de caja 1er año – Procesos de información.....	115
Tabla 33. Depreciación-Procesos de información.....	115
Tabla 34. Presupuesto de inversión - Disposición en planta .....	116
Tabla 35. Presupuesto de costos - Disposición en planta .....	116
Tabla 36. Flujo de caja 1er año - Disposición en planta.....	117
Tabla 37. Depreciación - Disposición en planta .....	117
Tabla 38. Presupuesto de inversión - Merma de ladrillo cocido.....	117
Tabla 39. Presupuesto de costos - Merma de ladrillo cocido .....	118
Tabla 40. Flujo de caja - Merma de ladrillo cocido .....	118
Tabla 41. Depreciación - Merma de ladrillo cocido .....	118
Tabla 42. Presupuesto de inversión - Mantenimiento preventivo.....	119
Tabla 43. Presupuesto de costo - Mantenimiento preventivo .....	119
Tabla 44. Flujo de caja - Mantenimiento preventivo .....	120
Tabla 45. Depreciación - Mantenimiento preventivo.....	120
Tabla 46. Evaluación económica .....	121

## Lista de figuras

Figura 1. Pinturas egipcias.....	20
Figura 2. Técnica del esmaltado.....	20
Figura 3. Hornos Hoffman .....	21
Figura 4. Componentes del ladrillo de arcilla.....	22
Figura 5. Fabricación de ladrillos artesanales.....	23
Figura 6. Fabricación de ladrillos semindustriales .....	24
Figura 7. Fabricación de ladrillos industriales.....	24
Figura 8. Ladrillo King Kong.....	26
Figura 9. Ladrillo Techo.....	26
Figura 10. Ladrillo pandereta.....	27
Figura 11. Ladrillos ecológicos con material reciclado (PET) .....	27
Figura 12. Bloque de concreto ahuecado .....	28
Figura 13. Ladrillo Sílico Calcáreo.....	28
Figura 14. Ladrillo de adobe.....	29
Figura 15. Simbología ASME.....	30
Figura 16. Metodología 5S .....	30
Figura 17. Método KAIZEN .....	32
Figura 18. Diagrama de Pareto.....	33
Figura 19. Diagrama de Ishikawa .....	34
Figura 20. Matriz de interrelaciones .....	35
Figura 21. Símbolos de matriz de interrelaciones.....	36
Figura 22. Diagrama de interrelaciones .....	37
Figura 23. Método de Guerchet.....	37
Figura 24. Superficie estática .....	37

Figura 25. Superficie de gravitación .....	38
Figura 26. Superficie de evolución .....	38
Figura 27. Coeficiente K.....	38
Figura 28. Diagrama de bloques.....	39
Figura 29. Lay out .....	39
Figura 30. Tallán ladrillos cerámicos .....	41
Figura 31. Organigrama Cerámicos Piura S.A.C .....	42
Figura 32. Mapa de procesos .....	46
Figura 33. Flujograma de procesos .....	47
Figura 34. Arcilla roja.....	48
Figura 35. Arcilla amarilla .....	48
Figura 36. Arcilla blanca .....	49
Figura 37. Almacén de arcilla .....	49
Figura 38. Dispensadora de arcilla .....	51
Figura 39. Imán en faja transportadora .....	52
Figura 40. Caja de control de molinos.....	52
Figura 41. Primer molino.....	53
Figura 42. Segundo molino.....	53
Figura 43. Chamota .....	54
Figura 44. Zaranda.....	54
Figura 45. Tolva de almacenamiento .....	55
Figura 46. Humectación de mezcla .....	55
Figura 47. Operario de amasadora.....	56
Figura 48. Laminadora.....	56
Figura 49. Rodillo en funcionamiento .....	57
Figura 50. Prueba de extrusión .....	58
Figura 51. Sistema de cortado de crudo .....	58
Figura 52. Compresora para sistema neumático .....	59
Figura 53. Transporte de crudo a área de secado.....	59
Figura 54. Galpones de secado .....	60
Figura 55. Pampa de secado .....	61
Figura 56. Armado de paquetes .....	62

Figura 57. Operarios de armado de paquetes .....	62
Figura 58. Techo de paquetes .....	63
Figura 59. Ductos de combustible.....	63
Figura 60. Línea de quemado .....	65
Figura 61. Orificios de enfriamiento .....	66
Figura 62. Puentes sobre hornos .....	66
Figura 63. Distribución a socios.....	66
Figura 64. Puente sobre faja .....	67
Figura 65. Merma de crudo en cortadora .....	68
Figura 66. Arcilla húmeda.....	68
Figura 67. Corte en ladrillo por molde atorado .....	69
Figura 68. Recorrido desde mantenimiento hacia el almacén .....	69
Figura 69. Mancha blanca en ladrillo cocido.....	70
Figura 70. Galpones sucios.....	71
Figura 71. Mala manipulación en ladrillo crudo.....	71
Figura 72. Mala cocción de ladrillo .....	72
Figura 73. Diagrama de Pareto.....	74
Figura 74. Ishikawa de deficiencias en proceso de secado.....	75
Figura 75. Ishikawa de falta de orden y limpieza.....	76
Figura 76. Ishikawa de deficiencia en el control de información.....	76
Figura 77. Ishikawa de disposición en planta ineficiente.....	77
Figura 78. Ishikawa de merma excesiva de ladrillo cocido .....	78
Figura 79. Ishikawa de falta de planificación de mantenimiento preventivo.....	78
Figura 80. Cámara de secado estático .....	80
Figura 81. Estanterías para túnel de secado .....	82
Figura 82. Sistema de transporte de estanterías .....	82
Figura 83. Secadero rápido .....	83
Figura 84. Reporte de hornos actual- Parte 1 .....	91
Figura 85. Reporte de hornos actual- Parte 2 .....	92
Figura 86. Propuesta de modificación de reporte de hornos- Parte 1 .....	93
Figura 87. Propuesta de modificación de reporte de hornos- Parte 2 .....	93
Figura 88. Diagrama de interrelaciones Tallán .....	94

Figura 89. Diagrama de interrelaciones-Primera propuesta .....	95
Figura 90. Diagrama de interrelaciones-Segunda propuesta .....	95
Figura 91. Diagrama de bloques-Propuesta N°1 .....	99
Figura 92. Diagrama de bloques-Propuesta N° 2 .....	100
Figura 93. Lay out - Propuesta N° 1 .....	101
Figura 94. Lay out- Propuesta N°2 .....	102
Figura 95. Curva de temperatura .....	104
Figura 96. Termocupla .....	104
Figura 97. Pared de horno en estado precario. ....	105
Figura 98. Ejemplo de codificación para línea de producción .....	106
Figura 99. Codificación aplicada .....	106



## **Introducción**

El constante crecimiento del sector construcción a lo largo de los años, implica que el mercado de ladrillos también se vea beneficiado, esto sumado a que en Piura el 47.4% de las viviendas están construidas con ladrillo cerámico no refractario, da como resultado una creciente demanda del producto en la región.

La presente tesis busca presentar propuestas de solución a los problemas productivos de la empresa Cerámicos Piura, con la finalidad de optimizar recursos y reducir tiempos, para ello se han utilizado metodologías y herramientas ingenieriles que identifican los principales problemas y oportunidades de mejora.

En el primer capítulo se presenta el marco teórico de la presente tesis, esto incluye información relevante respecto a la definición, historia, composición, propiedades, métodos de fabricación, tipos y productos sustitutos del ladrillo de arcilla, así como también las herramientas de mejoramiento y la metodología de disposición en planta utilizada en una de las propuestas.

En el segundo capítulo se muestra una descripción empresarial de Cerámicos Piura SAC, su cartera de productos y los procesos generales que se desarrollan. Esto con el objetivo de tener una idea clara respecto a la empresa sobre la que se cimenta la investigación.

En el tercer capítulo se presenta el diagnóstico actual de los procesos productivos, esto incluye una descripción detallada de cada proceso, la descripción de los problemas detectados durante el desarrollo de esta investigación y la recopilación cuantitativa de la afectación de cada problema al proceso productivo.

En el cuarto capítulo se realiza la identificación de las oportunidades de mejora y se detallan las propuestas diseñadas para resolver los problemas encontrados en el capítulo anterior.

En el quinto capítulo, finalmente, se realiza el análisis económico de las propuestas diseñadas en el capítulo anterior, tal que se pueda brindar una visión cuantitativa de la inversión, costos e ingresos que involucra la ejecución de cada una de ellas.



## **Capítulo 1**

### **Marco teórico**

El objetivo de este primer capítulo es describir teóricamente los elementos que fundamentarán esta investigación, generando así una mejora en su comprensión.

#### **1.1 Definición de ladrillo de arcilla**

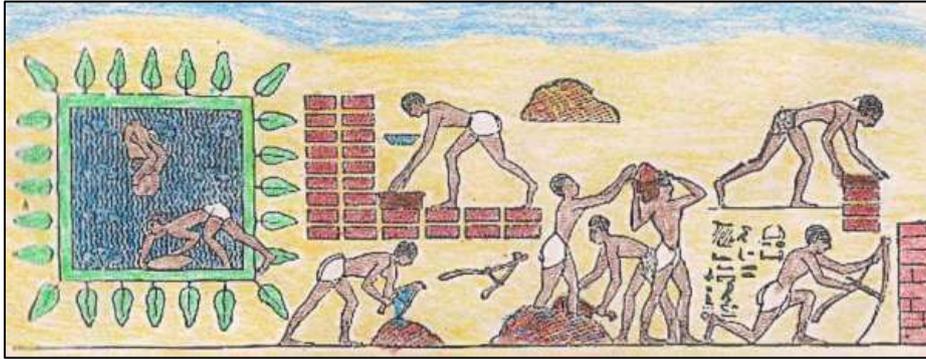
Es un elemento constructivo, comúnmente utilizado en el área de albañilería para edificar paredes, techos y pavimentos (PURA, 2018). Se caracteriza por su forma ortoédrica o de prisma rectangular y en su mayoría, se genera a partir de un proceso de mezcla, formado, secado y cocción de arcillas, pero también puede incluir elementos tales como arena, cal, diatomita u otros componentes que favorezcan su producción (minerales, 2018).

Entre las características más importantes de este material, se encuentran su capacidad de aislamiento térmico, resistencia a la humedad y resistencia a la compresión, regulada por la norma técnica peruana NTP 331.017 (Golfo, 2019).

#### **1.2 Historia del ladrillo de arcilla**

El ladrillo tiene una antigüedad aproximada de 11.000 años, y desde ese entonces ha evolucionado y contribuido al desarrollo de diferentes culturas. La existencia del ladrillo es uno de los factores que marcan el paso de la vida nómada a la vida sedentaria, sirviendo de protección para el hombre y permitiendo la construcción de edificaciones en diversas escalas. La principal causa de la creación del ladrillo es su fácil traslado a comparación de la piedra y la madera, que eran elementos constructivos tradicionales de la época. (Curiosfera Historia, 2020).

Los primeros ladrillos de arcilla reciben el nombre de adobe, pues estaban compuestos únicamente por barro y agua. El proceso consistía en hacer una masa con estos insumos y darles manualmente una forma rectangular, para que finalmente sean secados a la luz del sol. Según las imágenes encontradas del año 1450 a.C., en el antiguo Egipto, se hizo la primera innovación en la elaboración del ladrillo, utilizando moldes para definir la forma y agregando arcilla y paja a la mezcla, obteniendo así un ladrillo más consistente y compacto, también existen las evidencias que fue en Egipto donde se empezaron a producir en grandes cantidades diarias. (Honra2, 2020).

**Figura 1. Pinturas egipcias**

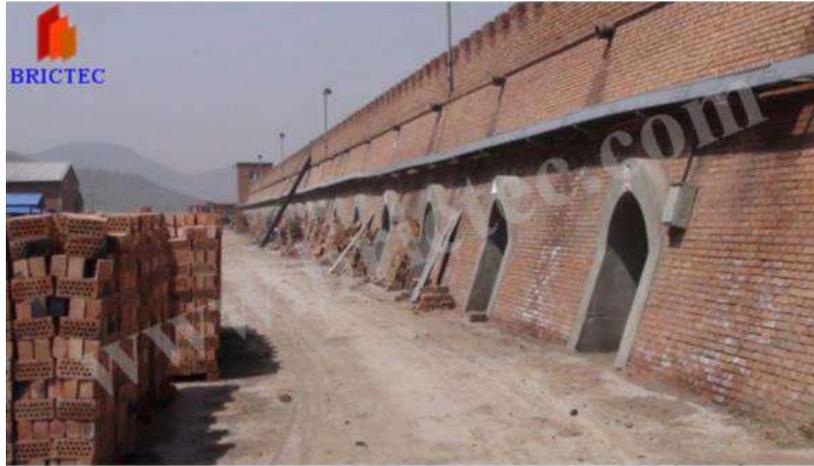
**Nota. Adaptado de (Curiosfera Historia, 2020).**

Para el año 3500 a.C., se comenzaron a utilizar ladrillos cocidos en las edificaciones. Esto debido a que el proceso de cocción le garantiza al ladrillo una resistencia similar a la de la piedra, con la ventaja que los ladrillos se podían moldear previamente y eran fáciles de manipular. Este tipo de ladrillos eran muy apreciados en la época y llegaron a costar hasta treinta veces más que los ladrillos de barro, por lo cual eran utilizados en un principio solo para construcciones de templos y palacios. En el siglo VI a.C. el imperio persa introdujo la técnica del esmaltado, obteniendo ladrillos que se caracterizaban por tener brillos y colores llamativos como el rojo, azul y negro, esta técnica sería utilizada posteriormente en los reinos cristianos de la península Ibérica.

**Figura 2. Técnica del esmaltado**

**Nota. Adaptado de (Historia del arte, 2019)**

En la edad Contemporánea, un gran avance, fue la creación de los hornos industriales por parte del alemán Friedrich Hoffman, lo cual revolucionó la producción de ladrillos en serie. Anteriormente, solo se utilizaban hornos ordinarios, en los cuales la cocción se interrumpía mientras se enfriaba el ladrillo y se retiraban para reemplazarlos por otros. En cambio, en los hornos Hoffman, la cocción, la introducción y la extracción de ladrillos se puede realizar simultáneamente; logrando incluso un ahorro considerable de combustible (CICER, 2019).

**Figura 3. Hornos Hoffman**

**Nota. Adaptado de (Made In China, 2013)**

### **1.3 Composición y propiedades del ladrillo de arcilla**

En este apartado se da a conocer la composición y propiedades básicas que debe tener un ladrillo de arcilla para garantizar la calidad del producto terminado.

#### **1.3.1 Composición**

Según el proceso productivo que utilice la empresa ladrillera, un ladrillo está compuesto principalmente de las siguientes materias primas:

- Arcilla

Es la principal materia prima del ladrillo. El tipo de arcilla que se suele utilizar para la producción de ladrillos es arcilla amarilla o roja, que tenga una composición heterogénea o relativamente impura.

Una de las principales características que debe tener la arcilla es su plasticidad al combinarse con el agua, pues esto permitirá que el ladrillo se forme correctamente ya sea en un molde o a través de una máquina extrusora. De igual manera las partículas de arcilla que se utilicen deben tener entre ellas, la adhesión necesaria para lograr la estabilidad estructural del ladrillo después del proceso de secado, y tener la capacidad de unirse cuando se fundan a altas temperaturas en el proceso de cocción. (Barrenzuela Lescano, 2014)

- Arena

Se suele utilizar arena gruesa, ya que la granulometría que posee permite controlar la plasticidad de las arcillas y por consiguiente producir un ladrillo con una mayor consistencia. (Anderson, 2017)

La mezcla entre estas materias primas debe garantizar un ladrillo con los componentes que se muestra a continuación **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..**

**Figura 4. Componentes del ladrillo de arcilla**

Sílice	50 a 60%
Alumina	20 a 30%
Cal	10%
Magnesio	<1%
Óxido férrico	<7%
Álcalis	<10%
Dióxido de carbono	Muy pequeño porcentaje
Trióxido de azufre	Muy pequeño porcentaje
Agua	Muy pequeño porcentaje

**Nota. Adaptado de (GeologiaWeb, 2021)**

### 1.3.2 Propiedades

Estas son las principales propiedades que cualquier ladrillo de arcilla debe tener, para garantizar un producto de calidad:

- **Textura**  
Debe tener una textura lisa, densa y uniforme. No debe tener rajaduras, deformaciones ni arena suelta.
- **Solidez**  
El golpe entre dos ladrillos debe generar un sonido metálico y no debe identificarse presencia de vacíos en sus paredes laterales o internas, ya que esto representaría un riesgo estructural en las edificaciones.
- **Resistencia a la compresión**  
El valor de este indicador debe ser mayor o igual a  $3.5 \text{ N/mm}^2$ . Una manera tradicional de medir la resistencia del ladrillo, es dejarlo caer desde una altura entre 0.9 m y 1 m sin que se fragmente.
- **Absorción de agua**  
Debe ser menor o igual al 20% de su peso. Esto garantizará que, al ser utilizado en zonas con alto porcentaje de humedad relativa, las paredes no sean debilitadas.
- **Esfuerzo de rotura**  
Debe ser mayor o igual a  $10 \text{ N/mm}^2$ . Es así como se certificará que el ladrillo presenta una estructura estable, sin roturas ni vacíos internos.
- **Conductividad térmica**  
Los ladrillos de arcilla deben tener una baja conductividad térmica, es decir que garanticen que las edificaciones sean cálidas en invierno y frescas en verano.

- Resistencia a altas temperaturas

Los ladrillos deben tener una excelente resistencia a altas temperaturas, es decir deben tener la capacidad de estar expuestos a temperaturas por encima de los 900 °C sin sufrir ningún daño en su estructura (GeologiaWeb, 2021).

#### **1.4 Métodos de fabricación de ladrillos de arcilla**

Se ha clasificado la elaboración de los ladrillos de arcilla, en tres métodos que permiten su diferenciación de acuerdo con, la complejidad de los procesos que involucra su fabricación y con la calidad del producto resultante. Los métodos se mencionan a continuación:

##### **1.4.1 Método artesanal**

La característica principal de este método es el uso de herramientas e instrumentos rudimentarios, generalmente elaborados en madera. Se distingue por la limitada estandarización y falta de control en sus procesos productivos, además de la alta variabilidad que existe en las dimensiones del producto terminado, a causa de la interacción manual de los fabricantes y la inestabilidad de las temperaturas en los procesos de secado y cocción (Suquilanda Gamboa, 2019).

**Figura 5. Fabricación de ladrillos artesanales**



**Nota.** Adaptado de (El Pilón, 2019)

##### **1.4.2 Método semindustrial**

Los procedimientos semindustriales para la fabricación de ladrillos de arcilla distan del método artesanal por la inclusión de máquinas en sus procesos, pero aún requieren la participación manual de los operarios. Buscan la estandarización de sus procesos y la uniformidad en el producto final, pero el uso de maquinaria inadecuada y la imposibilidad de controlar los indicadores de producción en tiempo real, generan un proceso ineficiente, a pesar de que se obtenga un ladrillo más liso y resistente que el elaborado mediante el primer método. (Barranzuela Lescano, 2014).

**Figura 6. Fabricación de ladrillos semindustriales**



**Nota. Adaptado de (Ambiente-Perú, 2013)**

#### **1.4.3 Método industrial**

Este método recibe la denominación de “industrial”, debido a la inserción de maquinaria en todo el proceso productivo, se limita en su totalidad la participación manual de los operarios y se estandarizan las etapas, herramientas, insumos, tiempos y por consiguiente las dimensiones del producto final (Barranzuela Lescano, 2014).

A pesar de la reducción de costos de proceso generada por el incremento del volumen de producción, los ladrillos de arcilla producidos bajo este método poseen un precio de venta más elevado que en comparación con los otros dos métodos mencionados, esta diferencia de precios se debe a la alta calidad del producto.

**Figura 7. Fabricación de ladrillos industriales**



**Nota. Adaptado de (Fábrica de Ladrillos Ag Tecno-3, 2017)**

Utilizando la información obtenida de los tres métodos de producción se ha elaborado un cuadro comparativo que se muestra en la Tabla 1, esta gráfica busca reflejar las principales diferencias en base a características que consideramos fundamentales para la organización y el consumidor.

**Tabla 1. Cuadro comparativo de métodos de producción**

	<b>Método Artesanal</b>	<b>Método Semindustrial</b>	<b>Método Industrial</b>
<b>Mano de obra</b>	El personal participa manualmente en todas las etapas del proceso productivo. Se utiliza mano de obra no calificada.	El personal participa manualmente en las etapas industrializadas. Se utiliza mano de obra calificada y no calificada.	El personal realiza funciones de control en cada etapa del proceso productivo. Se necesita mano de obra calificada y especializada.
<b>Maquinaria</b>	No se requieren máquinas en ninguna etapa.	Se requieren máquinas en procesos elementales.	Se requieren máquinas en todas las etapas de la producción.
<b>Estándares</b>	Los estándares de calidad se toman en cuenta, pero no se consideran obligatorios.	Se respetan las dimensiones estándar pero no se realizan pruebas de calidad.	Se realizan pruebas de calidad con frecuencia y se respetan los estándares de la NTP 331.017.
<b>Equipamiento y herramientas</b>	Utilizan técnicas básicas y herramientas fabricadas en madera.	Incluyen equipamiento metálico, pero mantienen el uso de herramientas básicas.	Los procesos se realizan con equipos especializados y herramientas metálicas.

### 1.5 Tipos de ladrillos de arcilla

Existen diversas clasificaciones para los ladrillos de arcilla, sin embargo, en esta investigación se ha decidido mencionar las dos clasificaciones que se consideran las más importantes.

La primera clasificación es por su resistencia, teniendo en cuenta la Norma Técnica Peruana 331.017 (2003), la cual clasifica a los ladrillos de arcilla, en los siguientes tipos:

- Tipo 21

Para uso donde se requiera alta resistencia a la compresión y resistencia a la penetración de la humedad y a la acción severa del frío.

- Tipo 17

Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión y resistencia a la acción del frío y a la penetración de la humedad.

- Tipo 14

Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión.

- Tipo 10

Para uso general donde se requiere moderada resistencia a la compresión. (Indecopi, 1978)

La segunda clasificación, es por su uso, dividiéndose en tipo King Kong, Techos y Pandereta, los cuales describiremos a continuación (Huamaní, 2020).

- King Kong

Se caracteriza por ser un ladrillo que se utiliza en la fabricación de muros portantes, esto debido a su alta resistencia a la compresión y a su bajo porcentaje de vacío.

**Figura 8. Ladrillo King Kong**



**Nota. Adaptado de (Mercado Libre, 2019)**

- Techos

Están diseñadas para aligerar el peso del techo en las edificaciones. Este tipo de ladrillos poseen un gran porcentaje de vacío, lo que en volumen representa una menor carga en comparación con otros tipos de ladrillos.

**Figura 9. Ladrillo Techo**

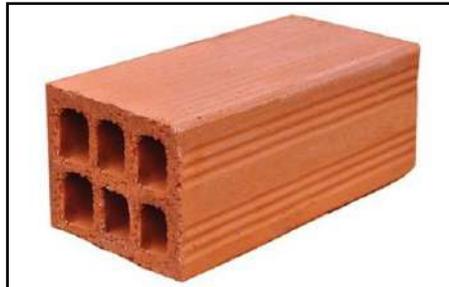


**Nota. Adaptado de (Ferretería El Caribe, 2019)**

- Pandereta

Son utilizados para la separación de ambientes, más no deben ser utilizados para la construcción de muros portantes debido a que no están diseñados para soportar el peso de una estructura.

**Figura 10. Ladrillo pandereta**



**Nota. Adaptado de (Ferretería El Caribe, 2019)**

### 1.6 Productos sustitutos

- Ladrillos ecológicos con material reciclado PET

Son ladrillos elaborados en base a cemento, PET (Plástico polietileno tereftalato) reciclado y agua. Los elementos llevan a cabo un proceso de molienda, mezclado, moldeo y formado, finalmente la producción culmina con un secado a temperatura ambiente.

Los beneficios de este ladrillo se centran en un incremento de la resistencia respecto al ladrillo convencional de arcilla en el diseño de King Kong 18 y en una reducción de los niveles de contaminación emitidos en la industria, pues no requiere de un proceso de quemado.

Además, estos “eco-ladrillos” podrían ser vendidos a un precio de S/. 600 el millar con IGV desde planta por lo que se encontrarían por debajo del precio regular por millar de su contraparte (Altamirano Príncipe, Bullon Westreicher, Cajacuri Carbonero, Chiok Meza, & Salvatierra Arias, 2017).

**Figura 11. Ladrillos ecológicos con material reciclado (PET)**



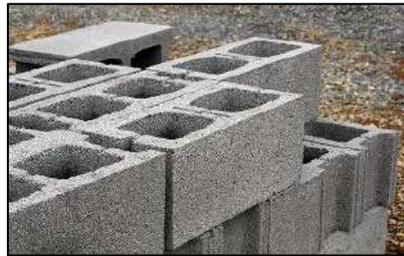
**Nota. Adaptado de (Bohigues, 2016)**

- Bloques de concreto

Son unidades ahuecadas de concreto que se caracterizan por su resistencia a la compresión (SI-Machine, 2011), por lo que suelen utilizarse en muros de albañilería armada, este tipo de albañilería se caracteriza por la distribución de la carga hacia los muros portantes, por lo que el acero solo se utiliza como refuerzo y se ingresa dentro de las cavidades del bloque (Ingeniería Real, 2021). Es importante mencionar que también suelen utilizarse en construcciones de gran altura, debido a la reducida carga estructural que aportan a la edificación en comparación con el ladrillo de arcilla.

Respecto al nivel de contaminación emitida en su fabricación, los bloques de hormigón no representan la mejor alternativa pues se ha determinado que la construcción de una vivienda comparada con el uso de ladrillo emitiría 4 toneladas de dióxido de carbono adicionales (Ingeniería Real, 2021).

**Figura 12. Bloque de concreto ahuecado**



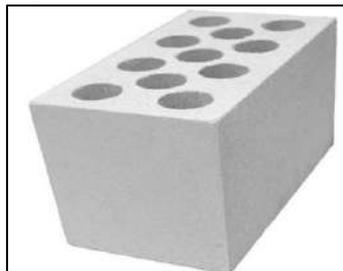
**Nota. Adaptado de (Emarq, 2021)**

- Ladrillo Sílico Calcáreo

Es una unidad de mampostería que se genera a partir de la mezcla de arena fina, agua y cal hidratada. Se suele utilizar para la construcción de muros portantes por su resistencia a la compresión generada a causa de su porcentaje de vacío aproximado de 29% y como ladrillos caravista debido a su acabado liso (Compañía Minera Luren, 2021).

Cabe mencionar que los ladrillos elaborados en este material normalmente se producen en moldes, debido a su forma ahuecada de una cara y taponeada en la cara de asiento, además esto resulta beneficioso para el constructor pues genera una reducción en el volumen de material de tarrajeo a utilizar (Revista Constructivo, 2018).

**Figura 13. Ladrillo Sílico Calcáreo**



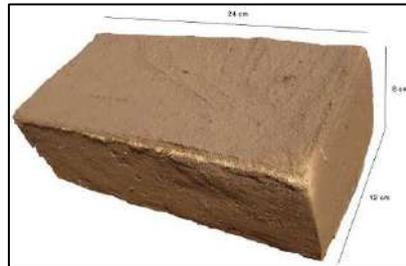
**Nota. Adaptado de (Revista Constructivo, 2018)**

- Ladrillo de adobe

Son unidades constructivas que forman parte de una de las técnicas de albañilería más antiguas en la historia, su origen se evoca a Mesopotamia desde hace más de 10000 años y es desde ahí de donde se diseminó al resto del mundo (Mannise, 2019).

La masa de adobe suele estar formada a partir de la mezcla de arcilla, arena y pajilla de arroz, pero en algunas culturas le añadían heno seco o crin de caballo para incrementar el porcentaje de elementos secos y facilitar su manejo. Es importante mencionar que los ladrillos de adobe no pasan por un proceso de cocción, sino solo limitan su proceso a un secado natural, por lo que su resistencia al agua y a la compresión son bastante bajas, siendo así uno de los materiales menos recomendados para realizar construcciones en las que los ladrillos representen la fuerza portante de la estructura (Mannise, 2019).

**Figura 14. Ladrillo de adobe**



**Nota. Adaptado de (Revista Constructivo, 2018)**

## 1.7 Herramientas de mejoramiento

Se han definido las herramientas y procedimientos que se utilizarán en esta investigación para generar mejoras en los procesos productivos de la planta Cerámicos Piura S.A.C.

### 1.7.1 Flujograma de procesos

El flujograma o diagrama de procesos es una herramienta utilizada para representar de manera ordenada la secuencia e interacción de las actividades de un proceso en específico. Se vale de símbolos y flechas que permiten una mayor visualización, entendimiento y descripción del proceso (Meire, 2018).

Las ventajas de utilizar esta herramienta son las siguientes:

- ✓ Permite una mejor comprensión visual de los procesos.
- ✓ Permite identificar previamente los problemas o riesgos potenciales en las diferentes etapas del proceso.
- ✓ Permite comunicar previamente el funcionamiento del proceso a los trabajadores (Uriarte, 2020).

Existen dos tipos de simbología al momento de realizar un flujograma de procesos. La simbología ANSI, utilizada especialmente para representar procedimientos electrónicos,

procesos administrativos o flujos de información. Y la simbología ASME, que es la que se utilizará en esta investigación, es utilizada especialmente para representar procesos productivos. El significado y utilización de cada símbolo se puede observar a continuación.

**Figura 15. Simbología ASME**

Símbolo	Significado	¿Para que se utiliza?
	<b>Origen</b>	Este símbolo sirve para identificar el paso previo que da origen al proceso, este paso no forma en sí parte del nuevo proceso.
	<b>Operación</b>	Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Hay una operación cada vez que un documento es cambiado intencionalmente en cualquiera de sus características.
	<b>Inspección</b>	Indica cada vez que un documento o paso del proceso se verifica, en términos de: la calidad, cantidad o características. Es un paso de control dentro del proceso. Se coloca cada vez que un documento es examinado.
	<b>Transporte</b>	Indica cada vez que un documento se mueve o traslada a otra oficina y/o funcionario.
	<b>Demora</b>	Indica cuando un documento o el proceso se encuentra detenido, ya que se requiere la ejecución de otra operación o el tiempo de respuesta es lento.
	<b>Almacenamiento</b>	Indica el depósito permanente de un documento o información dentro de un archivo. También se puede utilizar para guardar o proteger el documento de un traslado no autorizado.
	<b>Almacenamiento Temporal</b>	Indica el depósito temporal de un documento o información dentro de un archivo, mientras se da inicio el siguiente paso.

**Nota. Adaptado de (Viña & Hernandez, 2016)**

### 1.7.2 Método 5S

La metodología 5S fue desarrollada por primera vez por empresas japonesas, como Toyota; y replicada desde ese entonces en diferentes países con un notable éxito en cada empresa. Es una metodología que se puede utilizar en cualquier organización, siendo el primer paso para instalar una cultura de mejora continua. Su principal objetivo es mejorar y mantener las condiciones de la organización, optimizando las condiciones de trabajo, el clima laboral y la motivación del personal, generando así, mejoras en la calidad, productividad y competitividad de la organización (EUSKALIT, 1998).

**Figura 16. Metodología 5S**



**Nota. Adaptado de (EKIN, 2021)**

Las 5S son las iniciales de cinco palabras japonesas, que constituyen esta metodología:

- SEIRI (Organización)

Consiste en separar el material útil de lo inútil, eliminando siempre todo lo que es innecesario. Con una correcta organización, utilizamos los recursos disponibles de acuerdo con la necesidad y de una mejor manera, aumentando de forma sustentable la productividad de la organización (Berganzo, 2016).

- SEITON (Orden)

Consiste en establecer cómo y dónde se guardarán las cosas, permitiendo optimizar el tiempo y facilitando las actividades diarias. Los materiales deben ubicarse e identificarse de manera que sea fácil y rápido encontrarlos, utilizarlos y reponerlos (EUSKALIT, 1998).

- SEISO (Limpieza)

El sentido de limpieza permite tener un ambiente de trabajo mucho más agradable y seguro. Para lograr esto se debe controlar los desperdicios, asegurar que todos los materiales y medios se encuentren en perfecto estado e identificar y eliminar las fuentes de suciedad. Se debe recordar la frase “Limpiar es bueno. Evitar ensuciar es mejor aún”. (EUSKALIT, 1998).

- SEIKETSU (Control visual)

Consiste en diferenciar fácilmente una situación normal de una anormal, mediante normas sencillas y visibles para todos. Las personas deben tener la capacidad de identificar cuando las tres anteriores esas se están aplicando correctamente, y cuando no (Berganzo, 2016).

- SHITSUKE (Disciplina y hábito)

Consiste en la mejora continua de lo anteriormente definido, a través de la autodisciplina, compromiso y dedicación; respetando de manera rigurosa y constante todas las normas, procedimientos y padrones establecidos (Berganzo, 2016).

En esta metodología, las tres primeras fases son operativas. La cuarta fase, control visual, permite mantener lo alcanzado en las fases anteriores mediante la estandarización de las prácticas. Finalmente, la última fase, SHITSUKE, genera el hábito de su práctica y promueve la mejora continua. (EUSKALIT, 1998)

La metodología de las 5S es un trabajo en equipo e integrado, donde están involucrados todos los trabajadores de la organización, en cualquiera de sus niveles jerárquicos.

### 1.7.3 Método KAIZEN

Es una metodología de gestión sistemática que se originó en Japón y fue publicada en el año 1986 a través de su creador Masaaki Imai. Se basa en la aplicación de un ciclo gradual y ordenado de mejora continua que busca eliminar los desperdicios generados en todas las etapas del proceso productivo (KAIZEN INSTITUTE, 2020).

La característica principal de este método es la búsqueda de practicidad y eficiencia a través del estudio e identificación de los desperdicios por parte de los empleados, facilitando así la estandarización de los procesos y generando una cultura de equipo enfocada a solución de problemas (Lama, 2017).

Los pasos que se deben seguir para lograr la implementación de esta metodología son:

- Encontrar el área con desperdicios.
- Analizar los desperdicios.
- Organizar los desperdicios de acuerdo con la organización que recomienda KAIZEN:
  - a. Derroche de movimiento
  - b. Derroche de la espera
  - c. Derroche del transporte
  - d. Derroche de almacenaje
  - e. Derroche de los defectos
  - f. Derroche del proceso
  - g. Derroche por sobreproducción.

**Figura 17. Método KAIZEN**



**Nota.** Adaptado de (PrevenControl, 2014)

### 1.7.4 Diagrama de Pareto

El diagrama de Pareto es un gráfico de barras sencillo, que permite visualizar de manera descendente y en función de su prioridad, los datos analizados correspondientes a los diferentes factores que afectan un proceso o resultado. Es a través de este diagrama, que una empresa puede centrarse en resolver aquellos aspectos cuya mejora tendrán más impacto, optimizando los esfuerzos (Rus Arias, 2020).

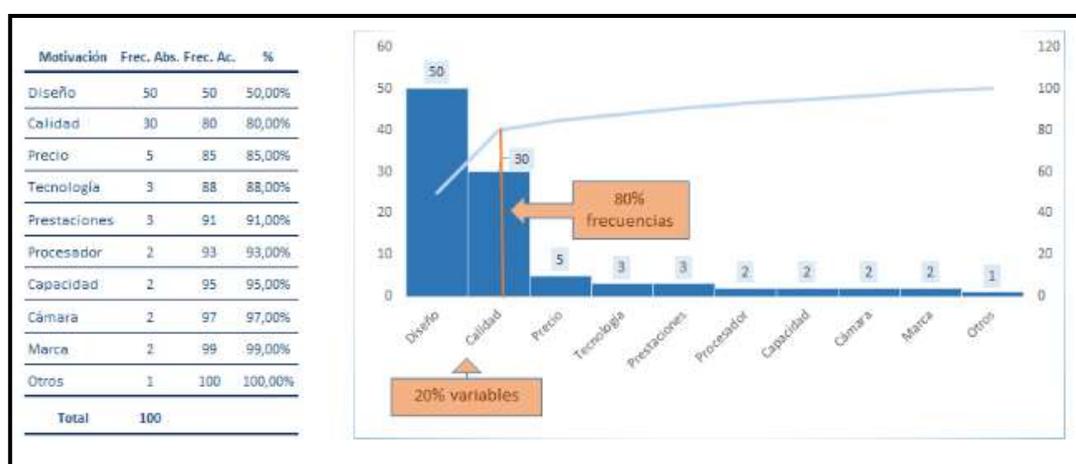
Esta metodología, es también conocida como la regla del 80/20. Esto significa que el 20% de las causas generan el 80% de los problemas. Por tal motivo, el diagrama Pareto permite diferenciar aquellas causas más importantes de un problema (pocos vitales), de las que menos lo son (muchos triviales) (Aiteco, 2019).

Otra de las ventajas de utilizar un diagrama Pareto, es proporcionar una visión más sencilla y rápida de la importancia de los actuales problemas, así como evitar que empeoren algunas causas al tratar de solucionar otras menos significativas. Los pasos para realizar un diagrama Pareto son los siguientes:

- Realizar una lista de posibles factores.
- Realizar un estudio descriptivo del problema, a través de encuestas o formularios, que nos permitan tener datos cuantificables.
- Ordenar los factores en función de la frecuencia absoluta de una manera descendente. También es recomendable obtener la frecuencia acumulada.
- Realizar un gráfico de barras. En el eje horizontal se pondrán los factores de manera descendente; en el eje vertical izquierdo, la magnitud de cada factor según lo obtenido en el estudio descriptivo. Y finalmente en el eje vertical derecho, la frecuencia acumulada de los factores.

Un ejemplo de diagrama de Pareto es el mostrado a continuación.

**Figura 18. Diagrama de Pareto**



**Nota. Adaptado de (Rus Arias, 2020)**

### 1.7.5 Diagrama de Ishikawa

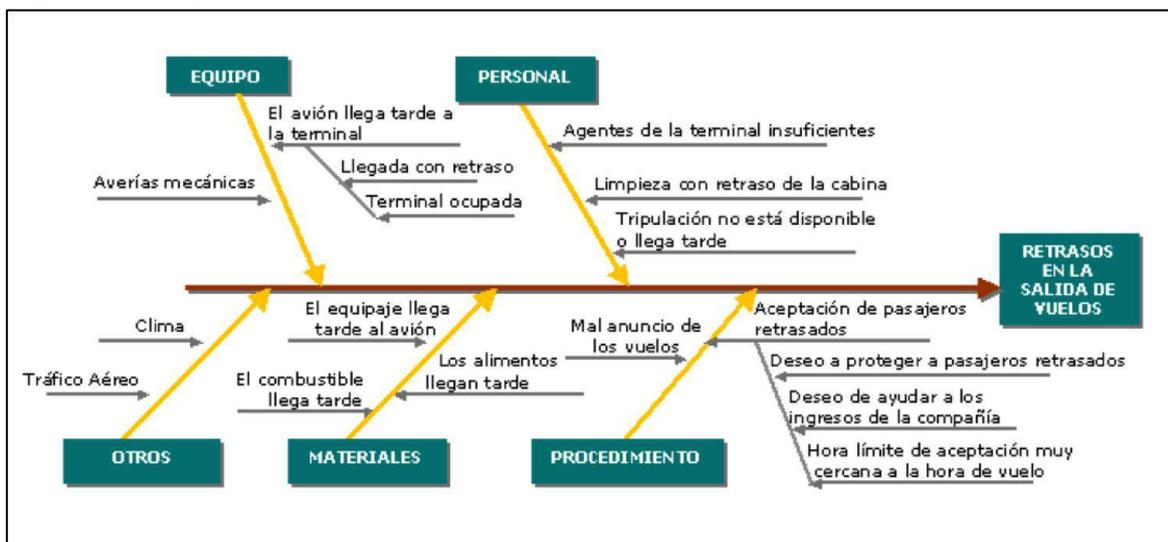
Es un gráfico que refleja la conexión entre un suceso y sus posibles causas, por lo que también es comúnmente conocido como diagrama de Causa-efecto o diagrama de Espina de pescado debido a la forma que adquiere el gráfico. Fue diseñado por Kaoru Ishikawa como una herramienta de análisis de problemas enfocada en perfeccionar los procesos de gestión de calidad empresariales (Progressa Lean, 2014).

Este diagrama se basa en un principio irrefutable, todo suceso es precedido por causas que pueden ser identificadas y organizadas en máximo 6 categorías, también conocidas como las 6M's, que mencionaremos a continuación (Jeison, 2018):

- Máquina o equipo
- Materiales o recursos
- Mano de obra o personal
- Medio ambiente o entorno
- Métodos
- Mediciones o estándares

Cabe mencionar que estas causas a su vez pueden ser divididas en causas de primer, segundo y tercer nivel conforme sea necesario hasta obtener la causa raíz del problema en evaluación, tal como se puede apreciar a continuación (Jeison, 2018).

**Figura 19. Diagrama de Ishikawa**



**Nota. Adaptado de (Navarro, 2014)**

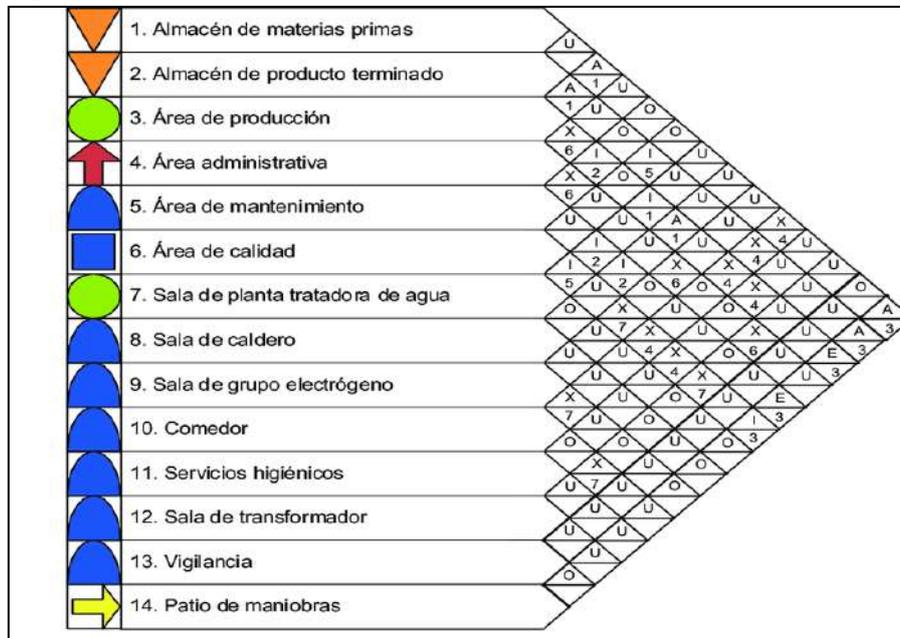
### 1.8 Metodología de disposición en planta

Esta metodología se basa en la aplicación de diversas herramientas y/o técnicas cuyo objetivo es lograr la mejor disposición de ambientes dentro de cualquier tipo de empresa.

### 1.8.1 Matriz de interrelaciones

La matriz de interrelaciones es utilizada para resumir las relaciones de proximidad que existen entre todos los ambientes de una empresa. Para ello se valen de símbolos, códigos y razones de proximidad.

**Figura 20. Matriz de interrelaciones**



**Nota. Adaptado de (ResearchGate, 2016)**

Para poder lograr una matriz de interrelaciones, se utilizan códigos de proximidad, los cuales son representados por medio de letras mayúsculas que resumen las necesidades de cercanía entre los espacios. Los códigos se muestran en la Tabla 2.

**Tabla 2. Códigos de proximidad**

Código	Proximidad	Color	Nº líneas
A	Absolutamente necesario	Rojo	4 rectas
E	Especialmente necesario	Amarillo	3 rectas
I	Importante	Verde	2 rectas
O	Normal	Azul	1 recta
U	Sin importancia		
X	No deseable	Plomo	1 línea punteada
XX	Altamente no deseable	Negro	2 línea punteada

Luego de ello se debe argumentar la razón por la que se ha decidido determinar esa proximidad. Para ello se realiza una lista de razones, como en la Tabla 3 cuyo número debe

colocarse debajo del código de proximidad escogido, para así facilitar la interpretación de la matriz, tal y como se muestra en la **Tabla 3**.

**Tabla 3. Razones de proximidad**

Nº	Razones de proximidad
1	Pueden hacerse juntas
2	Actividades consecutivas
3	Necesidad frecuente
4	Acceso común
5	Control administrativo
6	Ruido
7	Contaminación
8	Diferenciación de área

La matriz de interrelaciones consta de tres columnas en la primera se coloca el símbolo de cada ambiente, tal y como se muestra en la Figura 21. En la segunda columna se coloca el nombre del espacio y su número, y finalmente se desarrolla la matriz con los códigos y razones de proximidad previamente explicados.

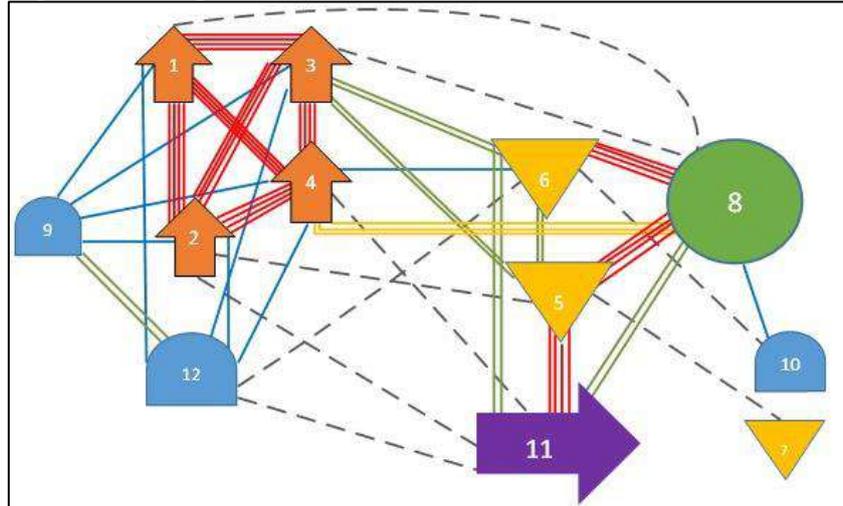
**Figura 21. Símbolos de matriz de interrelaciones**

SÍMBOLO	COLOR	ACTIVIDAD
	Rojo	Operación (montaje o submontaje)
	Verde	Operación, proceso o fabricación
	Amarillo	Transporte
	Naranja	Almacenaje
	Azul	Control
	Azul	Servicios
	Pardo	Administración

### 1.8.2 Diagrama de interrelaciones

El diagrama de interrelaciones permite representar gráficamente las relaciones de proximidad presentes entre los ambientes. Para ello utiliza los tipos de líneas mostradas en la Tabla 2, para que posteriormente sean plasmados en un diagrama de bloques. Cabe recalcar, que a partir de una matriz de interrelaciones se pueden realizar diversos diagramas de interrelaciones. En la Figura 22, se puede observar un ejemplo de diagrama de interrelaciones.

Figura 22. Diagrama de interrelaciones



### 1.8.3 Método Guerchet

El método Guerchet es un método utilizado para calcular el área de los espacios físicos de una planta. Es necesario identificar previamente el número de máquinas o equipos que se usarán, así como el número total de personal presente en el área de producción. A continuación se muestra la fórmula para calcular el área de producción.

Figura 23. Método de Guerchet

$$St = N(Ss + Sg + Se)$$

Donde:

St = superficie total  
 Ss = superficie estática  
 Sg = superficie de gravitación  
 Se = superficie de evolución  
 N = número de elementos móviles o estáticos de un tipo

**Nota.** Adaptado de (Suica Pariona, 2015)

Tal y como se observa en la fórmula, la superficie total está compuesta por la suma parcial de tres superficies:

- Superficie estática (Ss)

Es el área que ocupan los muebles, máquinas y/o equipos. Así como estantes, palancas, tableros, etc. (Suica Pariona, 2015).

Figura 24. Superficie estática

$$Ss = \text{Largo} \times \text{Ancho}$$

**Nota.** Adaptado de (Calderón, 2019)

- Superficie de gravitación (Sg)

Es la superficie utilizada por el obrero y el material necesario para realizar la operación. Se obtiene multiplicando la superficie estática (Ss) por el número de lados (n) que se deben utilizar de la máquina (Suica Pariona, 2015).

**Figura 25. Superficie de gravitación**

$$Sg = Ss \times N$$

**Nota. Adaptado de (Calderón, 2019)**

- Superficie de evolución (Se)

Es el área utilizada para los desplazamientos del personal, de los equipos, de los medios de transporte y para la salida del producto terminado (Suica Pariona, 2015).

**Figura 26. Superficie de evolución**

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

**Nota. Adaptado de (Calderón, 2019)**

Tal y como se muestra a continuación, se utiliza el factor K, el cual se calcula por la altura ponderada de los elementos móviles y estáticos.

**Figura 27. Coeficiente K**

$$k = \frac{h_1}{2 \times h_2}$$

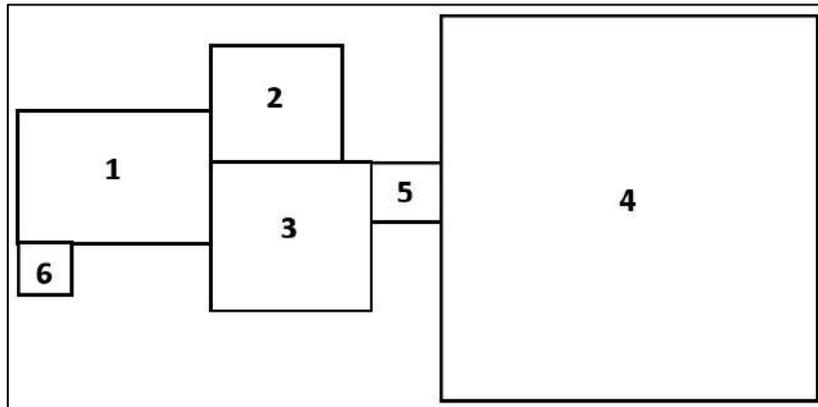
- donde:
- h1 : altura promedio ponderada de los elementos móviles
- h2 : altura promedio ponderada de los elementos estáticos

**Nota. Adaptado de (Suica Pariona, 2015)**

#### **1.8.4 Diagrama de bloques**

Para desarrollar el diagrama de bloques, se debe tener en cuenta lo plasmado en el diagrama de interrelaciones, junto con el valor calculado de cada área. Los cuadrados que se colocan en el diagrama deben ser proporcionales a su tamaño real y se deben respetar las relaciones de proximidad planteadas. Cabe recalcar, que a cada diagrama de interrelaciones le corresponde un diagrama de bloques. En la Figura 28, se muestra un ejemplo de diagrama de bloques.

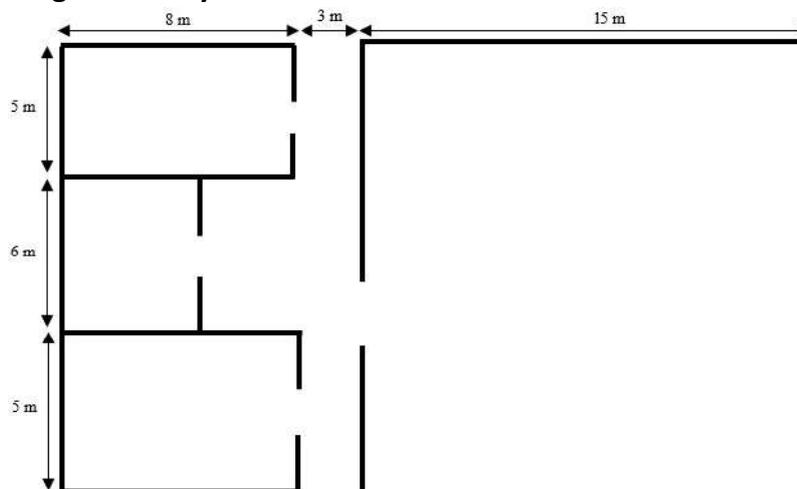
**Figura 28. Diagrama de bloques**



### **1.8.5 Lay out**

Aquí es donde se realizan ajustes, considerando los factores modificatorios y las limitaciones prácticas, a cada alternativa de diagrama de bloques. El objetivo es que se pueda tener un terreno regular (aproximadamente rectangular) de la planta de producción, es por ello por lo que en el lay out se especifica las medidas de todos los ambientes existentes.

**Figura 29. Lay out**



### **1.8.6 Evaluación multicriterio**

En esta etapa, se ponen en evaluación las propuestas de distribución en planta que se han generado, esto a partir de distintos criterios como menor recorrido, menor desplazamiento de materia prima, mejor comodidad del trabajador, etc. A estos criterios se les asigna un peso porcentual y se les califica en una escala del 1 al 5, siendo 1 cuando se cumple al mínimo el criterio y 5 cuando se cumple al máximo. Finalmente, se obtiene un puntaje total de cada propuesta y se elige la que mayor puntaje obtuvo.

**Tabla 4. Ejemplo de evaluación multicriterio**

Criterio	Peso (%)	Propuesta 1		Propuesta 2	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Se ajusta mejor a las interrelaciones	35	4	140	3	105
Menores recorridos	30	4	120	3	90
Menor desplazamiento de MP Y PT	20	3	60	4	80
Más comodidad para el trabajador	15	4	60	4	60
Total	100		380		335

## Capítulo 2

### Descripción de Cerámicos Piura S.A.C.

El presente capítulo busca generar una descripción general de la empresa en cuestión, utilizando información administrativa que engloba sus características más importantes, tales como su razón social, su misión, visión, organigrama actual, cartera de productos y procesos generales.

#### 2.1 Razón social

- Nombre: Cerámicos Piura S.A.C.
- Ruc: 20525256082
- Dirección: Valle del bajo Piura S/N. Sector Coscomba / Catacaos - Piura – Piura
- Tipo Empresa: Sociedad Anónima Cerrada
- Condición: Activo
- Fecha Inicio Actividades: 13 de diciembre de 2005
- Marca: Tallán Ladrillos Cerámicos

Figura 30. Tallán ladrillos cerámicos



**Nota.** Adaptado de (compumpra, 2018)

#### 2.2 Misión

“Fabricar ladrillos cerámicos no refractarios bajo la marca Tallán, que cumplan con los estándares de calidad requeridos por el sector construcción en Perú, teniendo como prioridad la optimización, innovación y control de calidad de nuestros procesos productivos.”(Pintado, 2015)

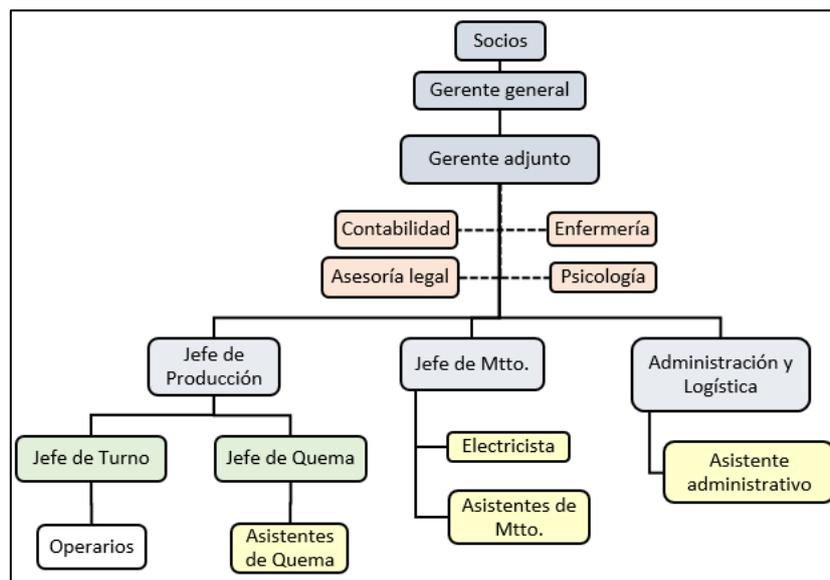
## 2.3 Visión

“Para el año 2025, ser la empresa líder en fabricación de ladrillos cerámicos no refractarios bajo la marca Tallán en el departamento de Piura, destacando por la calidad, variedad y disponibilidad de nuestros productos.” (Pintado, 2015)

## 2.4 Organigrama de Cerámicos Piura S.A.C.

El diagrama que se presenta a continuación es una esquematización de los cargos actuales en la fábrica, cabe mencionar que, para mejorar su presentación, se optó por mencionar a los trabajadores incluidos hasta el tercer nivel de jerarquía.

**Figura 31. Organigrama Cerámicos Piura S.A.C**



## 2.5 Cartera de productos

Con el objetivo de abastecer el mayor porcentaje de demanda de ladrillo cerámico no refractario en la región Piura, se ha optado por concentrar esfuerzos en producir cinco tipos de productos, que abarcan tanto ladrillos estructurales como los no estructurales.

Cabe mencionar, que la fábrica no comercializa ladrillo al público, sino que son los socios los encargados de distribuir los productos producidos a través de sus empresas enfocadas en el rubro constructivo.

A continuación, se detallará la cartera de productos producidos en Cerámicos Piura S.A.C., así como también los indicadores de proceso que se controlan en cada turno.

- **Ladrillo Tipo King Kong 18**
  - Peso: 2.75 kg
  - Medidas: 23 cm x 12.5 cm x 9 cm
  - Resistencia mínima a la compresión: 130 kg/cm<sup>2</sup>
  - Rendimiento: 36unidades/m<sup>2</sup>

- Humedad relativa: 21%
- Tiempo de secado: 5 días
- Temperatura máxima de cocción: 900 °C
- **Ladrillo Tipo IV**
  - Peso: 3.9 kg
  - Medidas: 24 cm x 13 cm x 9 cm
  - Resistencia mínima a la compresión: 201 kg/cm<sup>2</sup>
  - Rendimiento: 36 unidades/m<sup>2</sup>
  - Humedad relativa: 19%
  - Tiempo de secado: 6 días
  - Temperatura máxima de cocción: 900 °C
- **Ladrillo Tipo Pandereta**
  - Peso: 2.2 kg
  - Medidas: 23 cm x 11 cm x 9 cm
  - Resistencia mínima a la compresión: 32 kg/cm<sup>2</sup>
  - Rendimiento: 36 unidades/m<sup>2</sup>
  - Humedad relativa: 24%
  - Tiempo de secado: 6 días
  - Temperatura máxima de cocción: 850 °C
- **Ladrillo Tipo Techo 12**
  - Peso: 7.1 kg
  - Medidas: 30 cm x 30 cm x 12 cm
  - Resistencia mínima a la compresión: 3.5 kg/cm<sup>2</sup>
  - Rendimiento: 9 unidades/m<sup>2</sup>
  - Humedad relativa: 18.5%
  - Tiempo de secado: 7 días
  - Temperatura máxima de cocción: 850 °C
- **Ladrillo Tipo Techo 15**
  - Peso: 7.3 kg

- Medidas: 30 cm x 30 cm x 15 cm
- Resistencia mínima a la compresión: 3.5 kg/cm<sup>2</sup>
- Rendimiento: 9 unidades/m<sup>2</sup>
- Humedad relativa: 19%
- Tiempo de secado: 7 días
- Temperatura máxima de cocción: 850 °C

## **2.6 Proceso general de Cerámicos Piura S.A.C.**

El mapa de procesos presentado en la Figura 32, permite conocer los procesos estratégicos, operativos y de soporte necesarios para el funcionamiento de la empresa Cerámicos Piura S.A.C, cada uno de ellos se detalla a continuación:

### **2.6.1 Procesos estratégicos:**

- **Gestión de calidad**

Involucra las actividades de planificación, ejecución y control de los procedimientos del sistema de calidad en el área de producción, buscando reducir la probabilidad de existencia de errores en el proceso y por consiguiente en el producto final.

- **Planificación estratégica**

Se hace referencia al desarrollo de planes estratégicos y tácticos con la intención de que se alcance la mayor eficiencia en los procesos.

- **Gestión de alianzas**

Este proceso trata de definir la planificación y ejecución de alianzas de la empresa, cabe mencionar que se hace referencia a las alianzas con proveedores, socios, etc.

### **2.6.2 Procesos operativos:**

- Proceso de formado.
- Proceso de secado.
- Proceso de quemado.

### **2.6.3 Procesos de soporte:**

- **Administración y logística**

Involucra a la gestión financiera de los recursos y materias primas, es sin duda un proceso de soporte para toda la cadena productiva y para todas las actividades que se desarrollarán en la empresa. Además, incluye la optimización de las actividades realizadas en la gestión de la cadena de suministro, cabe mencionar que es uno de los procesos de soporte más importantes, pues de darse el caso de que ocurran fallos en el abastecimiento generarían pérdidas de eficiencia en toda la producción.

- **Contabilidad**

Es el área encargada de gestionar, controlar e informar la situación económica actual de la empresa, la obtención de fondos de inversión y la rentabilidad anual de las operaciones en planta.

- **Asesoría legal**

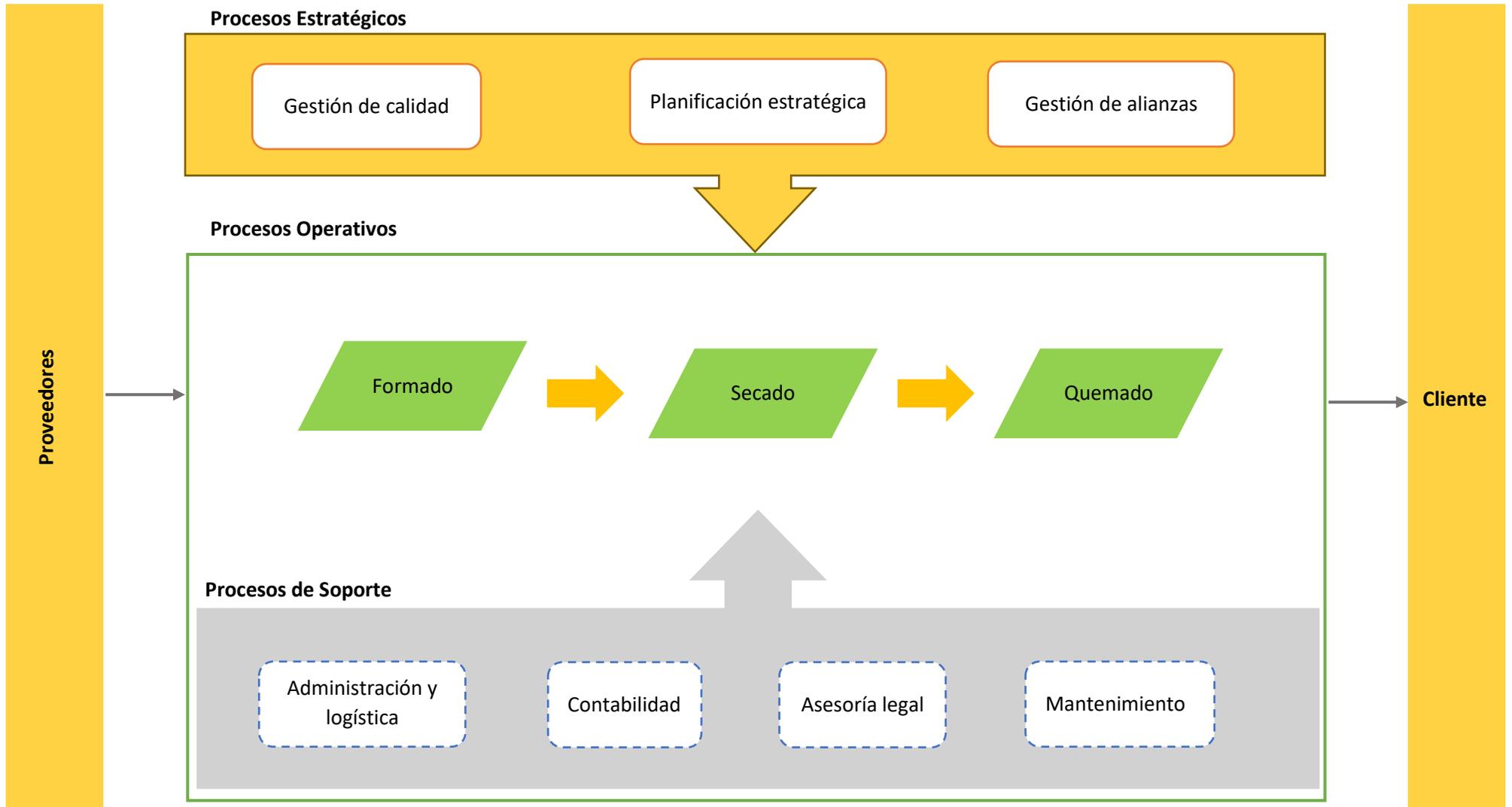
Es el área encargada de analizar, comprender y proponer soluciones a problemas jurídicos que se puedan presentar en la empresa, así como garantizar el cumplimiento de las leyes dentro y fuera de la misma.

- **Mantenimiento**

Es indispensable para garantizar la continuidad del proceso productivo, en este proceso se enfoca en mantener en óptimas condiciones la maquinaria y equipos necesarios para llevar a cabo el proceso.



Figura 32. Mapa de procesos



## Capítulo 3

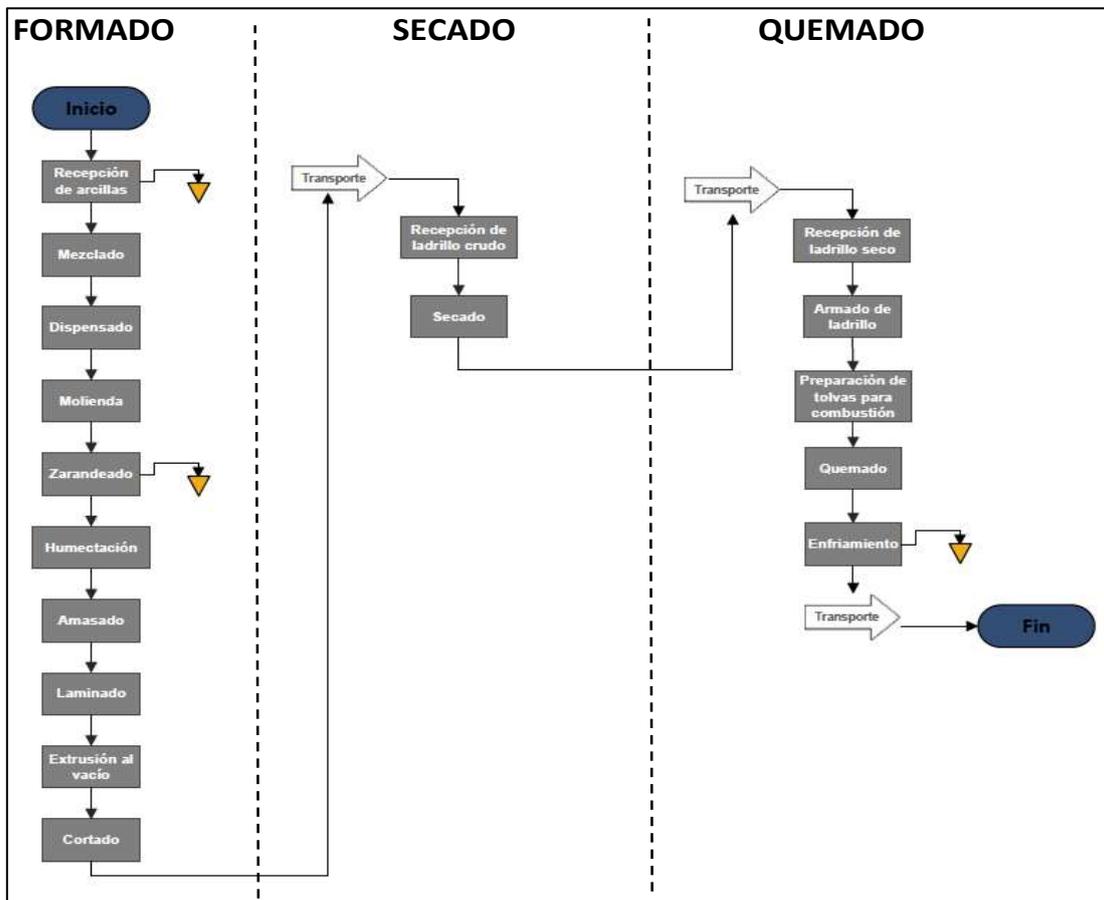
### Diagnóstico actual de los procesos productivos

En este capítulo, se realiza la descripción de los procesos involucrados en la producción de ladrillo cerámico no refractario de la empresa Cerámicos Piura S.A.C., así como también la identificación de los problemas y riesgos presentes en cada operación.

#### 3.1 Descripción del proceso productivo

Se detalla el flujograma de procesos en la Figura 33 y la descripción correspondiente a las operaciones involucradas en el procesamiento de insumos, hasta la obtención del ladrillo de arcilla y su transporte de acuerdo con lo programado por el área correspondiente.

Figura 33. Flujograma de procesos



### 3.1.1 Recepción de arcillas

El proceso productivo del ladrillo se inicia con la recepción de materia prima, la arcilla. En la planta de Cerámicos Piura, se trabaja con tres tipos de arcillas (arcilla roja, amarilla y blanca), las cuales se adquieren de distintos proveedores y poseen propiedades que van a otorgarle distintas características al producto final. Estas se detallan a continuación.

- **Arcilla roja**

Se caracteriza porque en su composición posee un gran porcentaje de óxidos ferrosos, los cuales no solamente le proporciona un llamativo color rojizo a la arcilla, sino también porque le otorga firmeza y resistencia al ladrillo.

**Figura 34. Arcilla roja**



- **Arcilla amarilla**

Es una arcilla que posee un característico color amarillo y a pesar de que no le otorga dureza al ladrillo, esta arcilla posee limo, el cual es un material que le permite al producto final tener una mejor elasticidad y respiración. Esto evita la presencia de rajaduras en el proceso de secado.

**Figura 35. Arcilla amarilla**



- **Arcilla blanca**

Se caracteriza porque está exenta de impurezas colorantes y posee gran plasticidad e impermeabilidad. Sin embargo, su uso debe ser cauteloso, ya que, al ser extraída cerca de canteras de yeso, suele mezclarse con este material y generar puntos blancos en el ladrillo cocido, ya que no alcanza su temperatura de cocción.

**Figura 36. Arcilla blanca**



### **3.1.2 Almacenamiento de arcillas:**

Durante este proceso, se verifica que la cantidad recibida de arcilla sea la misma que la cantidad pedida. Luego de ello, los proveedores proceden a colocar la arcilla en el almacén, que es un espacio cercano al área de producción y al aire libre, con la finalidad de que el cargador frontal no tenga problemas al momento de realizar maniobras, para retirar o mezclar la arcilla.

Además, es importante que la arcilla se mantenga al aire libre, esto permite que la arcilla elimine la mayor cantidad de humedad contenida e ingrese al proceso sin compactarse en los molinos.

En caso de lluvia, la arcilla se tapa con membranas plásticas para evitar que se humedezca, pues esto afectaría todos los procesos que le continúan y detendría el flujo del proceso productivo.

**Figura 37. Almacén de arcilla**



### 3.1.3 Mezclado de arcillas

Es un proceso fundamental en la fabricación del ladrillo, de esta forma cada tipo de ladrillo se compone de una mezcla diferente de acuerdo con las características que debe poseer como producto terminado. Es decir, si el ladrillo es más grande, pesado o tiene utilidades diferentes, entonces se empleará una mezcla diferente.

El encargado de realizar esta mezcla es el operario del cargador frontal, él mide la composición de acuerdo con la cantidad de palas de arcilla y de merma requerida, siendo este último el excedente seco resultante del cortado del crudo y de desperfectos en el proceso de secado. Una vez que rellena la pala del cargador frontal con arcilla seca, la deposita cerca de la entrada superior del dispensador para posteriormente proceder a mezclar los diferentes tipos de arcilla. Esta operación solamente puede realizarse con un operador experimentado pues es imprescindible que la mezcla no se contamine en este proceso.

Finalmente, cuando la mezcla de arcillas secas está terminada, el operador procede a incorporarla en la entrada superior del dispensador con la finalidad de que esta mezcla ingrese al proceso de producción.

A continuación, se detallan las mezclas para los ladrillos fabricados en la planta:

- Mezcla para ladrillo tipo King Kong 18 y Tipo IV

**Tabla 5. Mezcla ladrillo KK18 - Tipo IV**

CANTIDAD DE PALAS	TIPO DE ARCILLA
3	Amarilla
2	Roja
2	Blanca
2	Merma

- Mezcla para ladrillo tipo Techo 15 y Techo 12

**Tabla 6. Mezcla ladrillo Techo 15-12**

CANTIDAD DE PALAS	TIPO DE ARCILLA
3	Amarilla
3	Roja
2	Blanca
1	Merma

- Mezcla para ladrillo tipo Pandereta

**Tabla 7. Mezcla ladrillo Pandereta**

CANTIDAD DE PALAS	TIPO DE ARCILLA
4	Amarilla
3	Roja
1	Merma

### **3.1.4 Dispensado de mezcla**

Este proceso es realizado por una dispensadora de materia seca, la cual permite un adecuado control del flujo de mezcla de arcillas secas que ingresa en el proceso, esto lo realiza mediante la regulación de una compuerta que permite el paso de la mezcla.

La salida de esta dispensadora va conectada a una faja transportadora que lleva la mezcla hacia la primera molienda, en el recorrido de la faja transportadora se colocan el molinero y su apoyo, ellos tienen la función de romper y separar, con la ayuda de martillos, bloques que dañarían al primer molino, adicionalmente a esto, sobre la faja transportadora se encuentra también un imán que retiene todas las partículas metálicas que podrían atorarse o dañar la maquinaria.

Es fundamental que la entrada superior de la dispensadora esté siempre con mezcla disponible, por lo que debe ser el molinero el encargado de comunicar al jefe de turno o en último caso al operador del cargador, para que suministre mezcla en la dispensadora. En caso de que no haya disponibilidad de mezcla seca en la entrada de la dispensadora, el proceso se paralizará y solo se podrá trabajar con la arcilla molida presente en la tolva.

**Figura 38. Dispensadora de arcilla**



**Figura 39. Imán en faja transportadora**



### **3.1.5 Molienda**

Este proceso es realizado por dos molinos de martillos, siendo el primero el más pequeño de ambos, estos molinos son alimentados por dos motores de 60 HP Y 70 HP respectivamente. Los molinos son controlados por el molinero y su apoyo, a través de una caja de control que está ubicada cerca de la faja transportadora. Cabe mencionar que el parámetro de alerta que se usa es el amperaje consumido por los motores de cada molino.

Cada indicador de amperaje posee una marca que detalla el valor en el que los motores de cada molino se apagan, es decir si el molino está atascado o está realizando mucho esfuerzo para moler la arcilla, el amperaje aumentará y la máquina se apagará.

**Figura 40. Caja de control de molinos**



El primer molino tiene como función principal la disminución de tamaño de los bloques más grandes de arcilla que lleguen en la faja transportadora, con la intención de reducir el trabajo del segundo molino y de esta manera reducir la cantidad de paradas que podrían existir a causa de que el amperaje en el segundo molino exceda su límite y por consecuencia este se apague.

**Figura 41. Primer molino**

Por lo general cuando debe desatascarse este molino, el encargado es el apoyo del molinero, ya que este molino es el más pequeño y puede ser desatorado por un solo operario. El proceso de desatorado de este molino consiste en retirar con sumo cuidado la tapa frontal del molino y con la ayuda de una barreta de metal, se debe golpear las paredes que posean arcilla compactada. Es importante que el operario no toque por ningún motivo los martillos del molino o alguna pieza interna, ya que, con el rozamiento provocado en el interior del molino, el calor aumenta y es probable que las piezas le provoquen quemaduras.

Una vez que las paredes están limpias se procede a dispersar una mezcla de petróleo y aceite en las paredes del molino con la intención de permitir el flujo de la arcilla sin mayores complicaciones y se cierra nuevamente el molino.

El segundo molino tiene como función principal la pulverización total de la materia seca que ingrese por su orificio de entrada, el cual está conectado a una faja transportadora que moviliza la arcilla seca desde el primer molino hasta el segundo, esta faja posee en su recorrido unos sacos que evitan que se levante polvo.

**Figura 42. Segundo molino**

Cuando el segundo molino sufre una parada por atascamiento, es el molinero el encargado de solucionar este inconveniente y de no saber la solución debe comunicarse inmediatamente con el jefe de turno.

Cabe recalcar que en situaciones excepcionales se le agrega chamota a la arcilla molida que es movilizada en la faja transportadora en el trayecto entre los dos molinos, la chamota es el ladrillo cocido que por algún motivo no cumplió con los estándares de calidad y tuvo que ser considerada como merma de producto terminado. La inclusión de la chamota en la molienda se basa en que es un material que permite liberar la arcilla compactada en las paredes del segundo molino, por lo tanto, se usa este material como una solución provisional ante las constantes paradas que sufre el proceso de producción.

**Figura 43. Chamota**



### ***3.1.6 Zarandeado y almacenamiento***

Este proceso responde a la necesidad de separar los sólidos de mayor granulometría de la arcilla molida. Esta etapa se realiza dentro de una zaranda que trabaja con un motor de 4HP, en la que la arcilla llega por medio de una faja transportadora colocada a la salida del segundo molino; la arcilla cae en la zaranda y los residuos de mayor granulometría se contienen mientras que la arcilla fina cae a la tolva en la que se almacenará para su posterior procesamiento. Además, la zaranda también cuenta con martillos distribuidos en su perímetro, los cuales tienen la función de separar la arcilla que no caiga en la tolva a causa de la gravedad.

**Figura 44. Zaranda**



Sin la inclusión de esta zaranda el proceso sufriría paradas en la salida de la extrusora por cortes que se generen en la masa cruda que pasa por el molde. El corte es el vacío existente en la masa que sale de la extrusora, y que se genera por el atascamiento de una piedra en el molde de la extrusora, por lo que toda la masa que salga de la extrusora desde que se atasca la piedra hasta que el maquinista logre desatorarla se convierte en merma de crudo.

Otro problema que se puede presentar es que ingrese al proceso arcilla húmeda, ocasionando que se compacten los filtros y se atore la máquina. En este caso se debe colocar una tapa de metal en la entrada de la zaranda para que la arcilla molida pase directamente del segundo molino a la tolva de almacenamiento.

**Figura 45. Tolva de almacenamiento**



### **3.1.7 Humectación y amasado**

Desde la tolva de almacenamiento, la mezcla zarandeada pasa a través de una faja transportadora a una batea con palas que giran constantemente con el objetivo que lograr una mezcla compacta. En esta etapa del proceso se determina el porcentaje de humedad que tendrá la mezcla de crudo al momento de salir por la extrusora.

**Figura 46. Humectación de mezcla**



El control de humedad es realizado por un operario, quien controla la entrada de agua a la mezcla a través de una cañería. Es importante mencionar que este trabajador debe ser capacitado de manera que pueda determinar de manera manual, si la mezcla se encuentra en el rango de humedad correcto, que es entre 17-22%.

**Figura 47. Operario de amasadora**



Si la mezcla se encuentra demasiado seca, se pueden generar cortes en el molde y rajaduras. Por otro lado, si la mezcla se encuentra demasiada húmeda, se pueden generar deformaciones en el formado del ladrillo y demorará mucho más tiempo en secarse.

### **3.1.8 Laminado**

El proceso de laminado se realiza en la etapa previa a la extrusión al vacío, su principal objetivo es que la masa húmeda reduzca la presión que debe aplicar la extrusora. Para ello, se utilizan dos rodillos ubicados uno en frente de otro, separados por un espacio de 2cm y alimentados por motores de 20 HP cada uno. Estos motores se han colocado en lados opuestos de la laminadora para así optimizar el espacio utilizado y además las fajas que van conectadas desde los motores a los engranajes de los rodillos, están protegidas por una jaula que evita que se atasquen con las mermas que expulsa la máquina.

**Figura 48. Laminadora**



Cada cierto tiempo el maquinista se encarga de limpiar los rodillos desde la parte externa con la ayuda de una barreta y agua, esto se realiza para que la masa que se queda y se seca en los rodillos no ingrese al proceso pues puede generar vacíos y por lo tanto mermas en la extrusora.

**Figura 49. Rodillo en funcionamiento**



### **3.1.9 Extrusión al vacío**

La extrusión al vacío es el proceso más importante de toda la etapa de formado de ladrillo crudo, no solo por la cantidad de factores que afectan las características del ladrillo, sino también por la cantidad de merma que puede ser producida por errores mínimos en su ejecución.

Este proceso se basa en la inyección de mezcla húmeda a través de una sección definida, es realizado con el fin de garantizar la resistencia del ladrillo crudo y la forma característica de cada tipo, mediante la sujeción de un molde en la salida de la extrusora.

Es importante mencionar, que este proceso permite retirar las moléculas de aire contenidas en la mezcla húmeda, la cual es transportada mediante una faja desde la laminadora e ingresada en la amasadora ubicada en la parte superior de la máquina, para posteriormente ser extruida.

El control de los parámetros para el correcto funcionamiento de la extrusora se configura con una caja de comandos, ubicada en la zona más cercana al operador encargado. Siendo él, el encargado de supervisar el consumo de corriente alterna del motor y el vacío de la mezcla extruida, estas medidas le permiten controlar el esfuerzo realizado por la extrusora en la expulsión de ladrillo crudo.

Cabe mencionar que cada 90 minutos, el amasador y el maquinista detienen el proceso con la intención de realizar una prueba a la mezcla cruda que sale por la boquilla de la máquina. Con la ayuda de un alambre de metal se corta una porción de masa húmeda y se

vuelve a activar la extrusora para comprobar la curvatura del marco de la masa a la salida, si esta curvatura es interior entonces se presume que la mezcla es correcta, si la curvatura es hacia afuera entonces se debe corregir.

**Figura 50. Prueba de extrusión**



### **3.1.10 Cortado del crudo**

La masa cruda saliente de la extrusora se presenta como un bloque liso con la forma del molde que se haya colocado en la boquilla de la máquina, por lo que es necesario cortar la masa de acuerdo con las dimensiones requeridas en cada tipo de ladrillo.

El proceso de cortado se realiza con una cortadora neumática de vaivén. Esta cortadora es una estructura que tiene conectados alambres de metal, que varían de acuerdo con cada tipo de ladrillo y que genera su movimiento a través de válvulas conectadas a una compresora de aire.

**Figura 51. Sistema de cortado de crudo**



**Figura 52. Compresora para sistema neumático**



### **3.1.11 Transporte de crudo al área de secado**

El proceso de transporte se realiza en carretas metálicas, en las cuales dos operarios dependiendo del tipo de ladrillo, colocan el crudo en pequeños paquetes con la intención de ordenarlos de la manera más eficiente posible.

Para que el operario pueda colocar el pequeño paquete de ladrillos en la carreta, primero debe distribuir uniformemente mezcla de petróleo con aceite sobre la superficie a utilizar, esto se realiza para permitir un mejor deslizamiento de los ladrillos crudos en la carreta.

**Figura 53. Transporte de crudo a área de secado**



### **3.1.12 Secado de ladrillo crudo**

El proceso de secado consiste en la deshidratación de la mezcla cruda para favorecer la aglomeración de las moléculas de arcilla y obtener una masa compacta de rápida cocción. En Cerámicos Piura S.A.C. se utiliza el secado natural.

Consiste en utilizar las corrientes de aire caliente generadas en el ambiente. Esta operación se realiza en dos secciones de la planta, en la pampa y en los galpones, la duración depende del tipo de ladrillo y de las condiciones climáticas que se presenten. Es importante mencionar que el ladrillo crudo debe ser canteado cuando alcanza una humedad relativa del 17%, el canteo es el proceso en el que el ladrillo se voltea y permite que se seque uniformemente, la cantidad de canteos depende del tipo de ladrillo.

La pampa es una superficie de tierra ubicada en uno de los extremos de la fábrica en la que se colocan generalmente los ladrillos tipo King Kong y tipo pandereta, ya que son menos sensibles al flujo de aire que transita en esa zona. Se organizan en paquetes sin medidas establecidas, por lo que el proceso inicia cuando llega la carreta y son los bajadores los encargados de distribuir el ladrillo de acuerdo con el espacio disponible que posean.

Los galpones son estructuras establecidas cerca del área de producción, generalmente se utilizan para ladrillo tipo Techo 15 y Techo 12, los cuales necesitan ser controlados con mayor minuciosidad por su alta sensibilidad a los cambios de temperatura.

**Figura 54. Galpones de secado**



**Figura 55. Pampa de secado**

### **3.1.13 Recepción y armado de paquetes**

Los doce hornos utilizados en Cerámicos Piura S.A.C. son tipo Semi-Hoffman, por lo que el funcionamiento es continuo y permanente, esto significa que el fuego que asegura el funcionamiento del proceso nunca se apaga, por lo que la programación de los turnos y la administración del personal, son fundamentales.

El proceso de quemado inicia con la recepción del ladrillo seco, éste puede haber sido secado en los galpones o en la pampa, pero eso no representa mayores implicancias en el proceso de quemado, ya que el ladrillo solo es derivado a esta área cuando ha perdido el porcentaje de humedad estándar de acuerdo con cada tipo de ladrillo.

El transporte del área de secado hacia los hornos se realiza en camiones modificados, a los que se les ha acondicionado la sección trasera, para convertirse en una superficie plana de metal, con la intención de que los ladrillos secos puedan ser acomodados por los estibadores con la mayor rapidez y comodidad.

El uso de camiones no solo permite optimizar el desplazamiento de los ladrillos, sino también permite llevar un conteo más preciso de la cantidad de ladrillos secos que diariamente ingresan al proceso de quemado, ya que todos los camiones transportan una cantidad exacta de ladrillos de acuerdo con su tipo.

Una vez que los ladrillos han sido transportados a los hornos, un controlador se encarga de realizar el registro de la cantidad de producto seco transportado, el tipo de ladrillo, la hora de transporte y la cuadrilla que ha realizado esta tarea.

Una vez culminada la recepción del ladrillo seco, se inicia el armado de paquetes dentro de los hornos. El objetivo de este proceso es obtener una cocción uniforme, por lo que es fundamental que los ladrillos sean apilados respetando un orden específico y otorgando las distancias correspondientes entre cada paquete.

**Figura 56. Armado de paquetes**



Esta tarea es realizada por los estibadores de cada cuadrilla, los cuales deben bajar el ladrillo de los camiones y acomodarlos respetando el procedimiento determinado, es fundamental que todos tengan experiencia en el proceso, pues la tarea requiere precisión y concentración, caso contrario, podrían ocasionarse derrumbes en los paquetes.

**Figura 57. Operarios de armado de paquetes**



Cuando los paquetes son terminados, los trabajadores del horno proceden a sellar el horno en dos etapas con la intención de hermetizar el sistema y evitar que se generen fugas de calor. La primera etapa consiste en armar un techo de ladrillo cocido tipo King Kong sobre los ladrillos secos de la fila superior, dejando siempre un espacio de aproximadamente 30 cm entre paquetes. La segunda etapa, consiste en verter una mezcla de barro y melaza sobre este techo con el objetivo de sellar todos los orificios generados en la primera etapa.

**Figura 58. Techo de paquetes**



#### **3.1.14 Quemado del ladrillo crudo**

El proceso de quemado inicia con la inserción de las tolvas de combustible en el techo de los hornos. Esto se logra, realizando orificios en los espacios libres que se encuentran entre los paquetes, cada orificio tiene la función de recibir un tubo metálico, el cual al ser conectado con la tolva que guarda la mezcla, sirve como conducto para insertar el combustible en el horno. Este sistema permite que el combustible no caiga directamente en los ladrillos, logrando evitar que se manchen o excedan su temperatura óptima de cocción.

**Figura 59. Ductos de combustible**



Una vez colocado el tubo conector entre la tolva de combustible y el espacio entre paquetes de ladrillos secos, se procede a colocar combustible en las tolvas. Este insumo es una mezcla entre guano seco de pollo, carbón molido y cáscara de café en las siguientes proporciones:

**Tabla 8. Mezcla de insumos**

<b>Mezcla de insumos</b>	
Carbón molido	30 latas
Guano de pollo	20 sacos
Cáscara de café	15 sacos

Cabe recalcar que cada insumo tiene una función específica de acuerdo con sus características, por lo que el incumplimiento de la cantidad determinada para la mezcla podría generar que algunos ladrillos no se quemen correctamente y se conviertan en merma de quemado, en la siguiente tabla se detallan las funciones de cada insumo.

**Tabla 9. Función de insumos**

<b>Función de insumos</b>	
Carbón molido	Quemar ladrillos que se encuentren en el nivel inferior de los paquetes.
Guano de pollo	Quemar ladrillos que se encuentren en el nivel medio de los paquetes.
Cáscara de café	Quemar ladrillos que se encuentren en el nivel superior de los paquetes.

Las tolvas de combustible se colocan sobre una estructura que está conectada a un motor eléctrico, este equipo se encarga de otorgarle movimiento a un rodillo sinfín que está debajo de cada tolva, este rodillo suministra una cantidad precisa de combustible al tubo conector y esto permite controlar el calor generado en la combustión.

**Figura 60. Línea de quemado**

Una vez culminado el proceso de inserción del sistema de combustión, se da inicio al quemado del ladrillo crudo. Es importante mencionar que para cada tipo de ladrillo que ingrese a los hornos, la ejecución de este proceso será distinta, no solo porque esto determinará el tiempo total de quemado sino también porque cada tipo de ladrillo es controlado con parámetros independientes.

Cabe mencionar, que la cocción de los ladrillos cerámicos en hornos semi Hoffman, se basa en el constante movimiento horizontal de las líneas de quemado bajo la modalidad FIFO, es decir la primera línea que se enciende es la primera que se cambia de posición.

En Cerámicos Piura, se poseen 12 hornos en los que se utilizan 6 líneas por cada uno y cada línea cuenta con 4 tolvas de combustible. Además, en la parte inferior de las paredes de los hornos, se han construido ductos que permiten la extracción de gases producidos por la combustión y su posterior liberación al ambiente, mediante el uso de un ventilador extractor ubicado en la sección frontal de los hornos.

### **3.1.15 Enfriamiento del ladrillo cocido**

El periodo de cocción varía de acuerdo con el tipo de ladrillo, pero tiene una duración aproximada de 5 horas, una vez culminada la cocción del producto, se realiza la redistribución de las líneas de quemado al horno contiguo.

Cabe mencionar, que los paquetes de ladrillos cocidos deben mantenerse durante cinco días hermetizados con la capa de ladrillo y barro que se colocó para sellarlos inicialmente, esto con la intención de realizar un enfriamiento controlado y no ocasionar grietas externas. Es por ello, que se generan orificios en la parte superior de los hornos para favorecer la dispersión de calor.

En la última etapa de la curva de enfriamiento, se libera uno de los lados del horno para acelerar el proceso y solo se destapa totalmente cuando el ladrillo alcanza los 50 °C, luego de unas horas, alcanzará la temperatura ambiente, por lo que podrá ser cargado en los camiones que realizarán su distribución.

**Figura 61. Orificios de enfriamiento****Figura 62. Puentes sobre hornos**

### ***3.1.16 Transporte de ladrillo cocido***

El transporte del ladrillo cocido se determina de acuerdo con dos modalidades, si una cantidad de millares ha sido solicitada por los socios, son ellos los encargados de enviar su transporte, proceder con la carga y retirar el producto de planta.

Si el producto no ha sido solicitado, los camiones que realizan la estiba de ladrillo seco son los encargados de dirigir el producto al almacén de ladrillo cocido, que se encuentra en la última sección de la planta, generando así un stock disponible para su distribución ante cualquier solicitud.

**Figura 63. Distribución a socios**

### 3.2 Identificación de problemas y riesgos

Habiendo detallado las etapas del proceso productivo y las operaciones que involucran, se ha aplicado el método KAIZEN, como herramienta para identificar los despilfarros generados en el formado, secado y quemado del ladrillo cerámico no refractario, permitiendo así, realizar el reconocimiento de los problemas y riesgos existentes.

#### 3.2.1 *Despilfarros identificados en el proceso de formado*

Como resultado de un análisis continuo a los derroches generados en este proceso se ha conseguido identificar los siguientes desperdicios:

- Derroche de movimiento
  - Debido a una distribución ineficiente de los recorridos en la zona de formado, los operarios requieren pasar por encima de la faja que transporta el ladrillo crudo para trasladarse a sus labores, pues ésta atraviesa la pista principal de la planta.

**Figura 64. Puente sobre faja**



- El operador del cargador frontal no cuenta con un rol de tareas diseñado para optimizar sus tiempos y movimientos, generando paradas de producción por falta de materia prima, pues no cuenta con un horario específico para abastecer el dispensador de arcilla.
- Debido a que no existe una zona debajo de la cortadora que reciba la merma del corte, los operarios la desechan en una zona paralela a la salida del ladrillo crudo, generando la necesidad de que, al realizar la limpieza de esa zona, el operador del cargador frontal realice maniobras riesgosas para los equipos y el personal del área.

**Figura 65. Merma de crudo en cortadora**



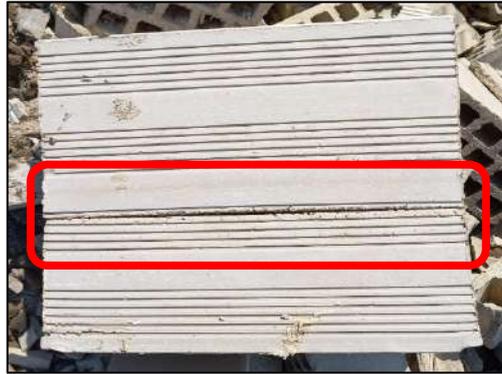
- Derroche de la espera
  - La falta de tierra molida es un inconveniente constante en el proceso de formado, que genera un despilfarro significativo del tiempo de producción. Este cuello de botella es generado en su mayoría de casos por la humedad ambiental con la que es trasladada la arcilla desde la cantera del proveedor hacia el almacén de arcillas de la planta. De ingresar esta materia prima húmeda, aumentará el riesgo de atascamiento en los molinos de arcilla y debido a que el volumen almacenado en la zaranda no es suficiente para mantener la producción en marcha por más de 20 minutos, se genera una parada en el proceso de formado y se presenta la necesidad de esperar el reinicio de la molienda.

**Figura 66. Arcilla húmeda**



- Existe un problema que genera paradas de producción y excesiva merma de crudo, debido a que el proceso de molienda no se ha realizado correctamente y por ende algún material inerte quede atorado en el molde del ladrillo, esto se ha definido anteriormente como “corte de molde”. Para solucionar lo anterior, el operario debe parar producción para poder sacar con alguna punta metálica el material que genera esas imperfecciones en el ladrillo crudo, perdiendo un tiempo aproximado de 8 minutos por turno de producción.

**Figura 67. Corte en ladrillo por molde atorado**



- En el área de secado el tiempo promedio de proceso es de 5 días, esto disminuye la disponibilidad de pampa o galpones en la zona de secado e incrementa los costos de producción.
- A causa del diseño inadecuado de los reportes de producción, el excesivo tiempo que se destina para el ingreso de datos y generación de reportes, ocasiona que las decisiones para corregir errores en el proceso no se tomen en el momento adecuado. Además, al no registrar esta información en una base de datos, no se puede evaluar la frecuencia de las fallas en el proceso, ni la efectividad de las medidas correctivas.
- Derroche del transporte
  - Debido a la falta de un diseño inicial en el lay out de la planta, las áreas han sido organizadas de acuerdo con la disponibilidad de espacio y no teniendo en cuenta la eficiencia de los procesos que requieren transporte. Tal como es el caso del área de producción y el área de secado o el área de mantenimiento y su almacén de repuestos, generando largos trayectos que se transforman en pérdida de tiempo y productividad.

**Figura 68. Recorrido desde mantenimiento hacia el almacén**



- Derroche de almacenaje
  - La falta de materia prima no solo es causada por fallas en la molienda, sino también porque la falta de programación y control en el área de producción genera que se consuman más toneladas que las disponibles en la tolva de almacenamiento, por lo que al vaciarse genera paradas de producción para esperar su abastecimiento.
  - La planificación de la producción mensual de cada tipo de ladrillo se realiza de acuerdo con los requerimientos de cada distribuidor, pero debido a que no se tiene en cuenta la baja disponibilidad de espacio en el área de secado, esta programación debe modificarse sobre la marcha.
  - A pesar de que las fallas mecánicas no son un problema reiterativo, la falta de previsión por parte del área logística en la adquisición de repuestos poco comerciales, ha incrementado el riesgo de ocurrencia de suspensiones prolongadas del proceso productivo.
- Derroche de los defectos
  - La falta de control en la recepción y molienda de la arcilla genera defectos tales como la aparición de manchas blancas que no es posible visualizarlas, sino hasta que el producto termina su proceso de cocción, generando que en la mayoría de los casos no sea posible su distribución aumentando el riesgo de que se generen reclamos por parte de los distribuidores y clientes. Esto representa un despilfarro de recursos, tiempo, materia prima y mano de obra.

**Figura 69. Mancha blanca en ladrillo cocido**



- Un punto importante para incrementar la eficiencia de todo proceso productivo es la planificación del mantenimiento preventivo que se le debe dar a toda la maquinaria que forma parte del proceso, esto con el fin de evitar paradas de producción o generar imperfecciones en el ladrillo. Esta falta de planeamiento genera que los problemas electromecánicos se resuelvan solo de manera correctiva.

- Debido a la alta rotación del personal en todos los procesos del área de producción, se limita la curva de aprendizaje de los operarios, generando imperfecciones en el producto final.
- Derroche del proceso
  - Cada semana los galpones de secado requieren ser limpiados a causa de la merma promedio resultante del secado, pero debido a que en algunos casos el personal de estiba no realiza una manipulación adecuada de los ladrillos secos, se genera un despilfarro en el proceso, lo cual representa un incremento en los costos asignados para esta operación.

**Figura 70. Galpones sucios**



- Durante el proceso de formado y secado, existe bastante manipulación del ladrillo por parte de sacadores, bajadores y canteadores, lo cual genera merma de ladrillo seco presentándose como grietas en su estructura. De igual manera, este problema se puede generar debido a una mezcla incorrecta de la materia prima e insumos de cada tipo de ladrillo, debido a descuidos por parte del operador del montacarga, así como una falta de control de las condiciones ambientales que podrían llegar a generar un shock térmico en los ladrillos secos.

**Figura 71. Mala manipulación en ladrillo crudo**



- En el proceso de cocción existen despilfarros generados por fallas en el dispensado de combustible, esto ocurre debido a la falta de capacitación causada por la alta rotación de personal. Esta merma de ladrillo cocido también es generada por falta de uniformidad en el armado de paquetes, causando que algunos ladrillos reciban directamente la llama de los quemadores y otros queden crudos.

**Figura 72. Mala cocción de ladrillo**



- Otro problema que se presenta repentinamente es la falta de control de los diferentes indicadores en el proceso de formado durante los turnos nocturnos tales como: Amperaje de la extrusora, presencia de corte en el molde o dureza del ladrillo crudo. Este derroche se debe principalmente al cansancio que conlleva trabajar en este horario.
- Derroche por sobreproducción
  - No se calcula adecuadamente el volumen de ladrillo a producir tal que permita un flujo continuo de cocción en los hornos, sino que se fija como objetivo llenar las zonas de secado y luego reprogramar los tipos de ladrillo a producir de acuerdo con la disponibilidad de espacios restantes, esto incrementa el riesgo de pérdida de ladrillo seco en caso de lluvias.

### **3.2.2 Determinación de problemas y riesgos clave**

Debido a que no todos los despilfarros identificados en la etapa anterior son parte del alcance del presente trabajo de investigación, se aplicará la metodología Pareto, para determinar los problemas y riesgos que generan mayores afectaciones al proceso de producción.

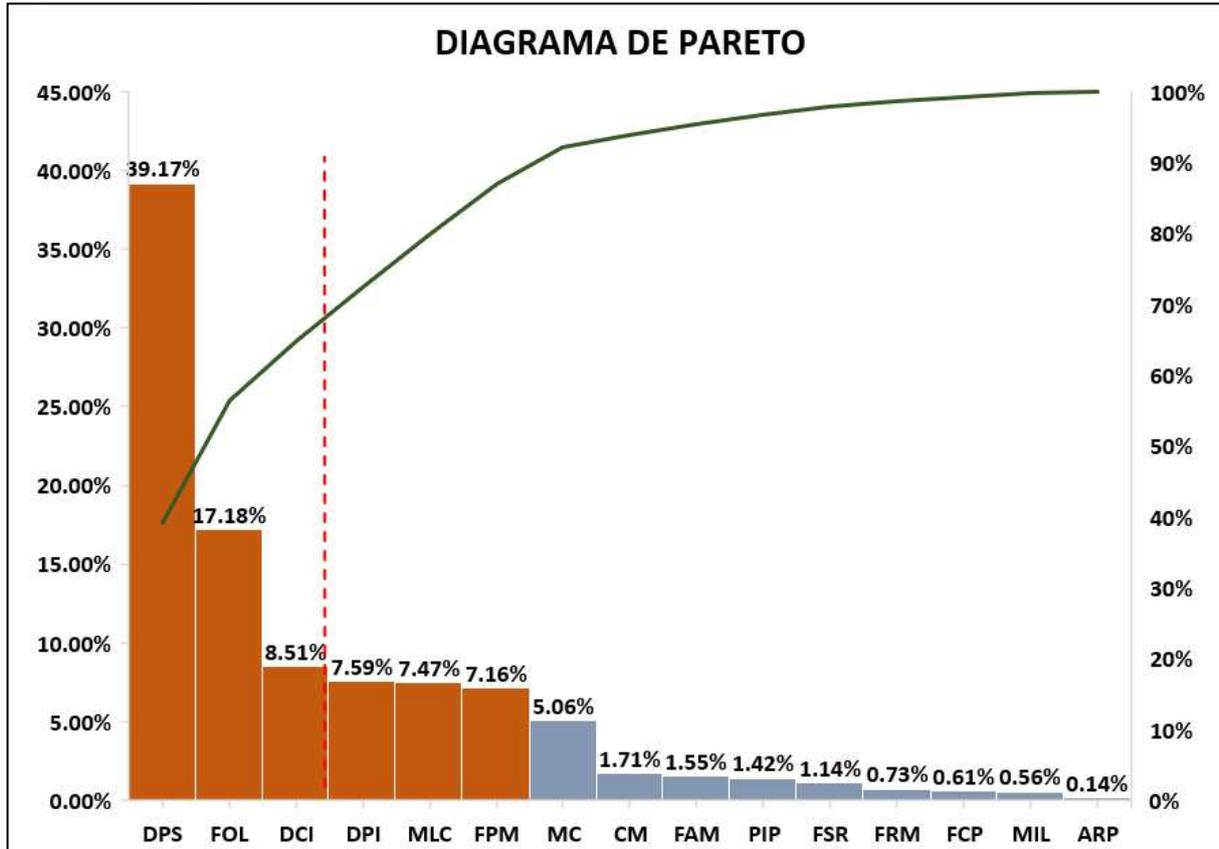
Durante los meses de noviembre y diciembre del año 2021, se han identificado los problemas mostrados en la etapa anterior, pero con el objetivo de facilitar su reconocimiento, se han agrupado tal como se presentan en la Tabla 10. Cabe mencionar que los datos cuantitativos que han permitido calcular el tiempo total perdido por cada problema, se han obtenido mediante los reportes del área de producción elaborados en cada turno dentro de este periodo.

Tabla 10. Datos para diagrama de Pareto.

Problemas identificados	Variable	Tiempo perdido por turno (min)	Número de sucesos	Tiempo total perdido	Frecuencia relativa	Frecuencia acumulada
<i>Deficiencias en proceso de secado</i>	<i>DPS</i>	<i>65</i>	<i>53</i>	<i>3445</i>	<i>39.17%</i>	<i>39.17%</i>
<i>Falta de orden y limpieza</i>	<i>FOL</i>	<i>28.5</i>	<i>53</i>	<i>1510.5</i>	<i>17.18%</i>	<i>56.35%</i>
<i>Deficiencia en el control de información</i>	<i>DCI</i>	<i>22</i>	<i>34</i>	<i>748</i>	<i>8.51%</i>	<i>64.86%</i>
<i>Disposición en planta ineficiente</i>	<i>DPI</i>	<i>12.6</i>	<i>53</i>	<i>667.8</i>	<i>7.59%</i>	<i>72.45%</i>
<b>Merma excesiva de ladrillo cocido</b>	<b>MLC</b>	<b>12.4</b>	<b>53</b>	<b>657.2</b>	<b>7.47%</b>	<b>79.92%</b>
<b>Falta de planificación de mto preventivo</b>	<b>FPM</b>	<b>42</b>	<b>15</b>	<b>630</b>	<b>7.16%</b>	<b>87.09%</b>
Merma de ladrillo crudo por cortadora	MC	8.4	53	445.2	5.06%	92.15%
Corte en el molde	CM	1.5	100	150	1.71%	93.85%
Falta de arcilla molida	FAM	17	8	136	1.55%	95.40%
Planificación inadecuada de la producción	PIP	25	5	125	1.42%	96.82%
Falta de stock de repuestos	FSR	100	1	100	1.14%	97.96%
Falta de control en la recepción y molienda de arcilla	FRM	16	4	64	0.73%	98.69%
Falta de control de parámetros	FCP	3	18	54	0.61%	99.30%
Manipulación inadecuada del ladrillo	MIL	1.9	26	49.4	0.56%	99.86%
Alta rotación de personal	ARP	3	4	12	0.14%	100.00%
<b>TOTAL</b>				<b>9846.1</b>	<b>100.00%</b>	

En base a la información presentada en la Tabla 10, se ha elaborado un diagrama de Pareto que se presenta en la Figura 73, el cual tiene como objetivo reconocer a los problemas que se producen con mayor frecuencia, generando el 87.09% de los tiempos perdidos en el proceso productivo.

Figura 73. Diagrama de Pareto



Como resultado de la investigación realizada para determinar los desperdicios generados en el proceso productivo, el tiempo perdido en el que se incurre a causa de ellos y su presentación en un diagrama de Pareto para evaluar los que generan mayor nivel de afección, se ha definido que los problemas más resaltantes son:

- Deficiencias en proceso de secado
- Falta de orden y limpieza
- Deficiencia en el control de información
- Disposición en planta ineficiente
- Merma excesiva de ladrillo cocido
- Falta de planificación de mantenimiento preventivo

## Capítulo 4

### Propuestas de mejoramiento

El objetivo de este capítulo es realizar un estudio detallado de los problemas identificados en el capítulo anterior, con el fin de determinar en cada caso, la causa raíz que lo genera y proponer alternativas de solución acordes a la realidad de la empresa.

#### 4.1 Identificación de oportunidades de mejora

Este proceso se basa en la aplicación del método Ishikawa a los problemas precisados en la etapa anterior, con la finalidad de proponer alternativas de solución que resuelvan las causas raíz obtenidas y generen una mejoría en el desarrollo de los procesos actuales.

##### 4.1.1 Ishikawa de deficiencias en proceso de secado

Como resultado de un análisis realizado a los informes de producción en los que se detalla la aparición de merma en el ladrillo seco, se determinó que en el 75% de los casos, estas pérdidas eran causadas por la presencia de fisuras internas o externas en el ladrillo.

Teniendo esto en cuenta, se estableció que la limitada capacidad que se tenía para controlar los parámetros de secado, tales como la temperatura, flujo del aire y la humedad relativa del ambiente, imposibilitaban una reducción significativa en los desperdicios generados en esta etapa, pues en un secado natural, estos parámetros dependen en su totalidad de las condiciones ambientales.

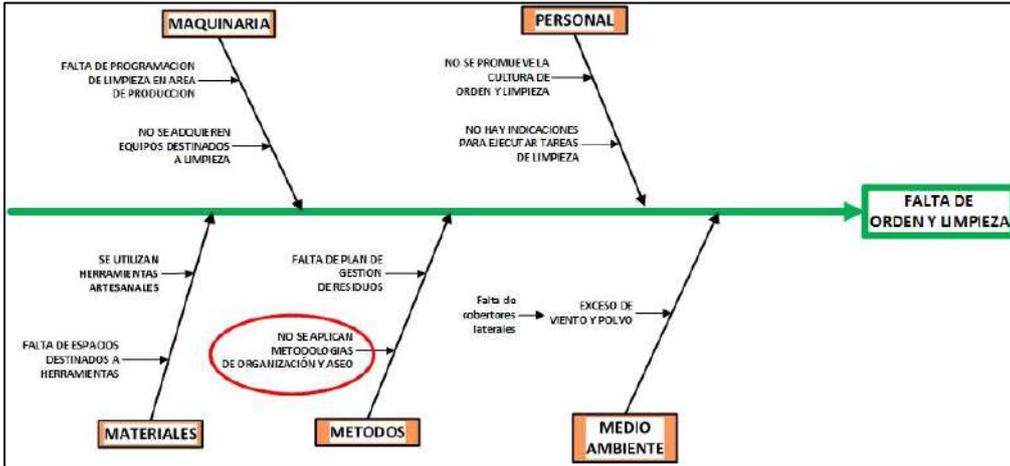
Figura 74. Ishikawa de deficiencias en proceso de secado



**4.1.2 Ishikawa de falta de orden y limpieza**

El objetivo principal de los procesos ejecutados en planta es incrementar el volumen de producto terminado, por lo que no se programan ni establecen como prioridad las labores de organización y aseo, sin tener en cuenta que con el pasar del tiempo, esta acumulación de desechos y la falta de aplicación de metodologías para mantener el área de producción en un estado de pulcritud adecuado, han generado una acumulación significativa de tiempos perdidos.

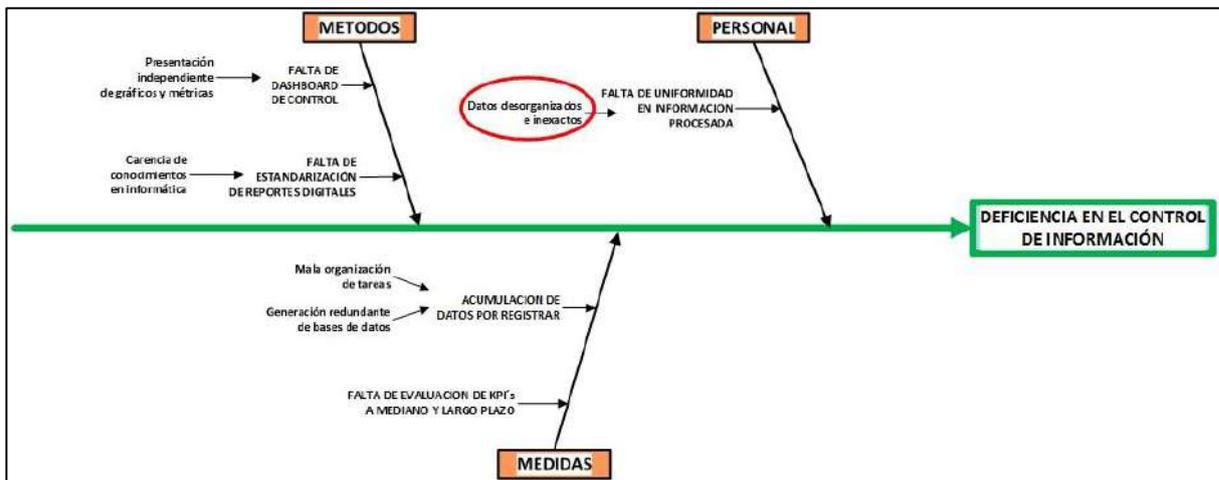
**Figura 75. Ishikawa de falta de orden y limpieza**



**4.1.3 Ishikawa de deficiencia en el control de información**

La información que se recopila de las etapas que involucran el proceso productivo, representan un activo esencial para el control y mejora de los mismos. Siendo así, se analizaron las características de los reportes y presentaciones actuales, determinando que existen notables deficiencias no solo en la estructura y diseño de los formatos, sino también en su recopilación y transformación, limitando la toma de decisiones adecuadas por parte de los stakeholders correspondientes.

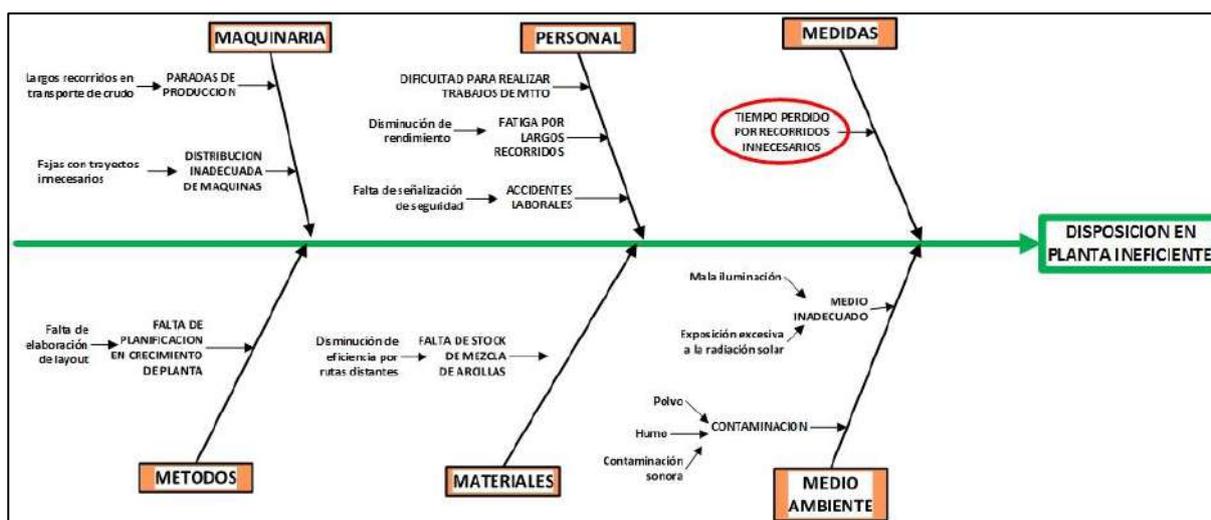
**Figura 76. Ishikawa de deficiencia en el control de información**



#### 4.1.4 Ishikawa de disposición en planta ineficiente

Se examinaron los recorridos de los procesos clave en el área de producción, logrando determinar que debido al acelerado incremento de la demanda de ladrillo en la Región Piura, las operaciones crecieron exponencialmente, así como el requerimiento de espacio y la instalación de nuevos equipos. Sin embargo no se realizó una planificación adecuada de la expansión en la fábrica, generando el incremento de los recorridos tanto en el transporte del producto, como en los trayectos que debe atravesar el personal para ejecutar sus labores, generando tiempo perdido e incomodidades en el capital humano.

Figura 77. Ishikawa de disposición en planta ineficiente



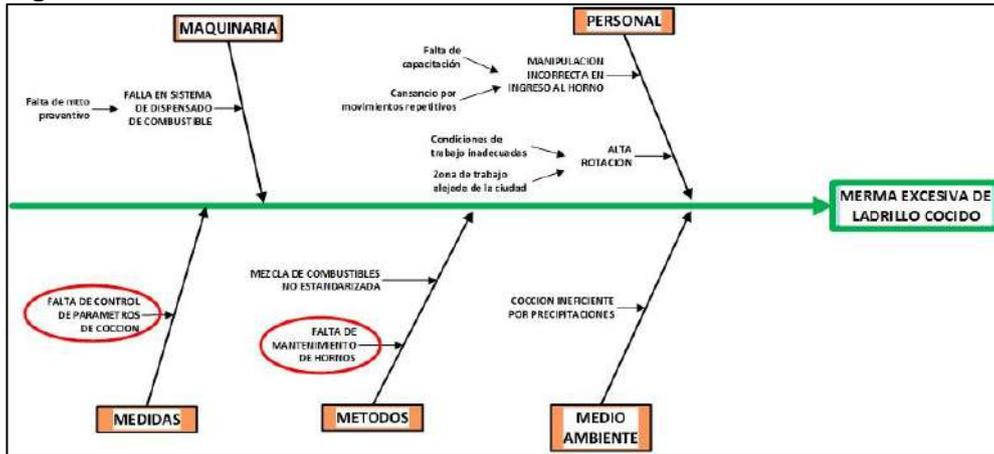
#### 4.1.5 Ishikawa de merma excesiva de ladrillo cocido

La merma de ladrillo cocido hace referencia a los ladrillos que son desechados después del proceso de cocción, debido a imperfecciones que imposibilitan su comercialización, se pueden generar de dos formas, ladrillo crudo y ladrillo recocho, debido a la falta y exceso de cocción respectivamente.

Esto se debe a que el proceso de cocción se está realizando mediante un procedimiento empírico en el que existe falta de control de los parámetros correspondientes, tales como, curva de temperatura en la cocción de los paquetes, cantidad de combustible utilizado y tiempo de quemado de los paquetes.

A esta causa, corresponde añadir la falta de mantenimiento preventivo en los muros laterales y la antigüedad de los hornos, los cuales llevan siendo utilizados por más de 14 años.

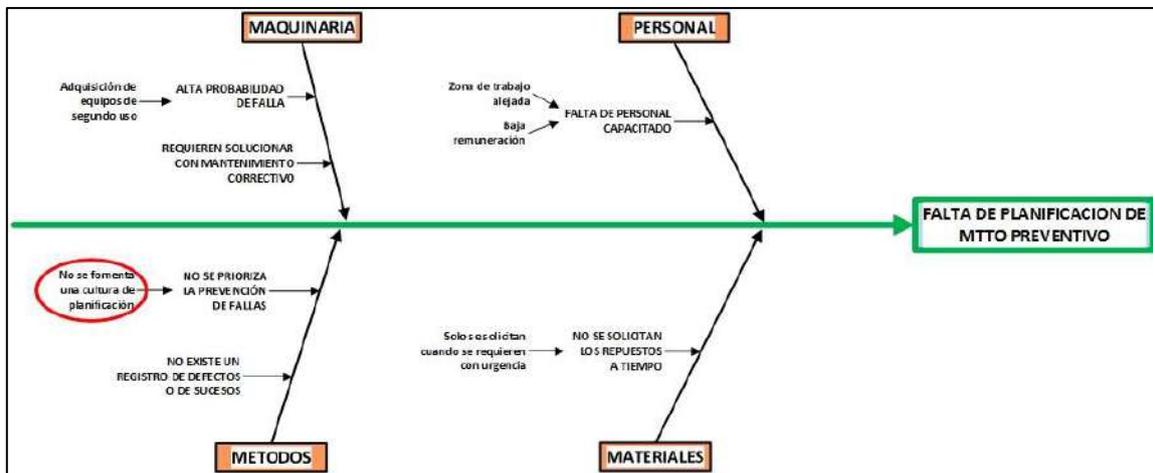
Figura 78. Ishikawa de merma excesiva de ladrillo cocido



4.1.6 Ishikawa de falta de mantenimiento preventivo

En el área de mantenimiento existe un problema en la planificación de los trabajos pendientes y debido a esto, se generan fallas mecánicas en los equipos, que deben solucionar aplicando un mantenimiento correctivo, incrementando así, la generación de paradas extensas en el proceso de producción. Esto se debe principalmente, a la falta de difusión e implementación de una cultura de prevención y planificación de todas las actividades a ejecutar en esta área, pues de aplicarlo se lograría reducir un porcentaje considerable de tiempo perdido y por consiguiente se incrementaría el volumen de ladrillo producido.

Figura 79. Ishikawa de falta de planificación de mantenimiento preventivo



4.2 Propuesta de mejoramiento de procesos

Se detallan las alternativas de solución a los problemas seleccionados en la etapa anterior, haciendo énfasis en la descripción detallada de la estrategia a seguir para generar mejoras en el funcionamiento actual de los procesos.

4.2.1 Implementación de secadero rápido

El secado es una de las etapas clave del proceso productivo de ladrillos cerámicos no refractarios, teóricamente, se define como la reducción o eliminación del contenido de agua en un producto mediante mecanismos de transferencia de calor y masa (Gutiérrez Mosquera, y otros, 2015).

En el caso de Cerámicos Piura SAC, el secado actual del producto crudo se basa en el sometimiento del material cerámico a corrientes de aire caliente hasta lograr un valor constante de humedad residual en la pieza. Este proceso incluye variables tales como, temperatura y velocidad del aire, humedad relativa del ambiente, humedad de extrusión del ladrillo y tiempo de secado, estas pueden ser modificadas buscando un punto estándar que depende de la composición de cada tipo de ladrillo.

Cabe mencionar que la determinación de los parámetros adecuados para este procedimiento requieren de alta precisión, pues de obtener valores mayores al rango adecuado de humedad residual en las piezas, se incrementarían los costos y tiempo total de producción o en caso contrario se generaría una reabsorción descontrolada de agua debido al desequilibrio generado por la humedad ambiental.

Teniendo esto en cuenta, se debe mencionar que en la industria ladrillera se trabaja en líneas generales con dos tipos de secado:

- **Secado natural**

Proceso mediante el cual los ladrillos crudos son expuestos a corrientes de aire a temperatura ambiente, regularmente se realiza en pampas o patios de secado, los cuales son extensiones amplias de terreno firme que permitirán el asentamiento de las piezas.

A pesar de ser uno de los métodos más simples y populares, genera un proceso dilatado, variable y que limita casi en su totalidad el control de parámetros de secado, pues dependiendo de las incontenibles condiciones eólicas, solares o térmicas del ambiente puede incrementar exponencialmente la generación de desperdicios en el proceso y por lo tanto los costos de este (Instituto Nacional de Tecnología, 2016).

Existen procedimientos para reducir la afección de las variaciones climáticas al proceso, uno de ellos es la construcción de galpones o patios cubiertos, que son comúnmente utilizados para ladrillos del Tipo Techo en todas sus variaciones, pues a pesar de que esas estructuras requieren una alta inversión debido a su construcción, no sería posible secar en pampa este tipo de piezas a causa de su alta concentración de arcillas plásticas, que se usan para compensar la baja resistencia generada por el espesor de las paredes y tabiques del ladrillo.

En el caso específico de Cerámicos Piura S.A.C., se utilizan ambos sistemas de secado natural, los galpones para el tipo de ladrillo especificado en el párrafo anterior y la pampa para ladrillos King Kong 18 huecos, Tipo IV y Pandereta, tal como se detalló en Secado de ladrillo crudo.

- **Secado artificial**

Proceso en el que se reduce la concentración de humedad y se genera la contracción de una pieza cerámica, mediante el uso de aire calentado artificialmente. Esta transferencia de calor hacia el aire puede darse bajo distintos métodos, los más utilizados en la industria

ladrillera son: las cámaras de combustión, los quemadores de gas de vena de aire o distintos mecanismos de recuperación de aire caliente proveniente de la zona de cocción.

Debido a que este método se desarrolla en ambientes cerrados, asegura el control total de los parámetros de secado, así como la continuidad del proceso productivo aún en variaciones abruptas de las condiciones climáticas de la zona. Esta última justificación ha generado un incremento acelerado en la popularidad de estos sistemas de secado, pues garantiza un abastecimiento constante, por lo que reduce la fluctuación de los precios en el mercado ladrillero.

Cabe mencionar, que a causa de los variados índices de productividad que se manejan en esta industria entre distintas empresas, se han diseñado secaderos con características que permiten satisfacer los requerimientos de producto seco tanto para altas, medias y bajas cargas de producto crudo, por lo que estos sistemas se dividen en tres tipos:

- Secaderos estáticos

Se caracterizan por el uso de cámaras o túneles que cuentan con sistemas independientes de secado entre sí, por lo que permiten aplicar distintas configuraciones dependiendo del tipo de ladrillo que se descargue en ellas. Toman el nombre de estáticas pues para iniciar la operación requieren ser llenadas en su totalidad con producto húmedo y no son descargadas hasta que todas las unidades ingresadas han sido secadas, por lo que es indispensable realizar una programación detallada de carga y descarga que esté ligada con la producción diaria, siendo así, no se recomienda este tipo de sistemas en empresas que no cuenten con un sistema logístico robusto.

Suele requerir ciclos largos de proceso que duran entre 20 – 60h dependiendo del tipo de producto, pero tienen la ventaja de necesitar un costo reducido de inversión y mantenimiento, siendo estos proporcionales a la cantidad de secaderos que se requieran para cumplir con la demanda (Instituto Nacional de Tecnología, 2016).

**Figura 80. Cámara de secado estático**



**Nota. Adaptado de (MILL INDUSTRIAS, 2021)**

- Secaderos continuos

Al igual que en los secaderos estáticos, se utilizan túneles para llevar a cabo el proceso de secado, la diferencia radica en la disponibilidad de las piezas, pues en este caso no se requiere que todos los ladrillos de un tiempo específico de producción se ingresen a la cámara, sino que se utiliza una metodología de rotación fija, es decir siempre que ingresa una vagoneta o estante cargado al túnel, se ejecuta la salida de otra.

Este tipo de secaderos se caracteriza porque pueden alcanzar longitudes superiores a 120 m de largo y 6 m de ancho, siendo esto definido por la curva de secado que requieran los productos a procesar. Además, es importante mencionar que poseen un tiempo de secado similar al de los secaderos estáticos, destacando un rango de trabajo de entre 10 – 20 h para piezas delgadas o ligeras y 30 – 50 h para piezas gruesas o pesadas, generando variaciones en la capacidad del sistema dependiendo del tipo de ladrillo en proceso (Instituto Nacional de Tecnología, 2016).

Respecto a la inversión que requieren los secaderos continuos en comparación con los estáticos, se destaca la inclusión del mecanismo de transporte dentro del secadero, como son las vagonetas o estanterías, así como también, el sistema de pistones para ejecutar el ingreso y salida de estos.



**Figura 81. Estanterías para túnel de secado**



**Figura 82. Sistema de transporte de estanterías**



**Nota. Adaptado de (Made-in-china, 2022).**

- Secaderos rápidos

Son túneles de secado que se caracterizan por tener un tiempo de proceso inferior a 5h, por lo que requieren una evaporación acelerada del porcentaje húmedo en las piezas cerámicas. Para lograr este objetivo, este sistema requiere la inyección de corrientes de aire caliente que se trasladan en sentido contrario a la dirección de avance de los ladrillos dentro del secadero. Regularmente suelen utilizarse 60 000 m<sup>3</sup> de aire calentado a 160 °C, con una velocidad de 4 a 10 m/s en un secadero de 120 m de largo y 3.5 m de ancho (Instituto Nacional de Tecnología, 2016).

El ciclo de trabajo en este sistema es definido por el tonelaje ingresado, por lo que la variación de los parámetros de proceso está directamente relacionada con el tipo de ladrillo que se produzca, el porcentaje de humedad que contenga y su porcentaje de vacío, pues

mientras más arcillosa, húmeda y gruesa sea la pared del producto, mayor será el tiempo de secado, el consumo energético de los ventiladores y el requerimiento calórico de los equipos de combustión, debido a que es indispensable mantener bajos índices de saturación en el aire caliente utilizado.

Respecto al diseño de estos secaderos rápidos, a pesar de que dependen directamente de cada fabricante, los más eficientes son los del tipo esterilla o talisca, los cuales toman este nombre debido a que transportan filas de ladrillo sobre esterillas metálicas, eliminando en su totalidad el uso de vagonetas o estanterías y reduciendo notablemente el costo de inversión y mantenimiento.

La alta eficiencia de este sistema se basa en la capacidad de procesar entre 10 a 20 ton/h de producto que ha sido extruido con una humedad promedio de 20%, permitiendo una reducción en el tiempo de secado con respecto a un secado natural, de 10 días a 2.5 h y logrando obtener una humedad residual en la pieza cerámica que oscila en un rango entre 2-5%. Además de lo antes mencionado, permite la incorporación de un mecanismo de generación de calor independiente, asegurando su funcionamiento aún cuando las etapas posteriores no posibiliten una recuperación de aire caliente (NATREB, 2022).

Los antecedentes que respaldan el funcionamiento de este sistema se encuentran en países europeos tales como España, Italia, Portugal, con las empresas EquipCeramic, Capaccioli y Metalcértima respectivamente, así como también en países del continente sudamericano, entre los que destacan Colombia, Venezuela y Brasil, con las empresas Saracco&Cia y Natreb.

**Figura 83. Secadero rápido**



**Nota. Adaptado de (NATREB, 2022).**

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se analizaron los tipos de secado industrial que permitirían un incremento en la eficiencia del proceso productivo, así como también la metodología que permitiría la solución de los problemas existentes, por lo que se elaboró un cuadro comparativo que explica la recomendación final.

Tabla 11. Cuadro comparativo secaderos industriales.

Ítem	Secadero estático	Secadero continuo	Secadero rápido
	<b>(BAJA)</b>	<b>(ALTA)</b>	<b>(MEDIA)</b>
<b>Inversión</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de túnel.</li> <li>• Maquinaria para movilizar producto en proceso.</li> <li>• Ventiladores y extractores de baja potencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de túnel.</li> <li>• Vagonetas o estanterías e instalación de rieles.</li> <li>• Ventiladores y extractores de potencia media.</li> <li>• Sistema de pistones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Construcción de túnel.</li> <li>• Instalación de esterillas y motorreductores.</li> <li>• Ventiladores y extractores de alta potencia.</li> </ul>
<b>Tiempo de proceso</b>	<b>20-60h</b>	<b>15-50h</b>	<b>2-5h</b>
<b>Capacidad</b>	50-120 m <sup>3</sup> (Por cámara) (MILL INDUSTRIAS, 2021)	Diseño libre amoldable a índice de producción actual.	10-20 ton/h (NATREB, 2022)
<b>Generación de calor</b>	Generación de calor externa.	Regularmente utiliza recuperación de calor. Se posee un flujo	Puede utilizar generación de calor externa y/o recuperación de calor.
<b>Ventajas propias</b>	Reduce la inversión y los gastos de mantenimiento, por lo que es una buena opción si no se cuenta con un presupuesto elevado.	constante de entrada y salida de ladrillos, por lo que favorece la corrección de deficiencias en el proceso y permite un ritmo de trabajo constante.	Permite un secado uniforme de todas las piezas ingresadas y garantiza una supervisión constante en todo el recorrido del túnel, por lo que los desperdicios son mínimos.
<b>Desventajas propias</b>	Limita el tonelaje de ladrillo producido debido a su tiempo de secado, pues aumentar este índice requiere la instalación de más cámaras.	Requiere una inversión inicial elevada, así como el incremento de carga considerable para el equipo de mantenimiento de planta.	Requiere un análisis y diseño de mezcla detallado que asegure las proporciones requeridas para un proceso de secado acelerado.

Como conclusión, se recomienda reemplazar el método de secado artesanal por el sistema de secado rápido, ya que este permitirá controlar en su totalidad los parámetros de secado y reducirá al mínimo los desperdicios por manipulación incorrecta de las piezas cerámicas, además asegurará la continuidad del proceso productivo aún cuando las condiciones climáticas sean adversas.

Además, permite garantizar la uniformidad de los ladrillos producidos, pues al requerir de un estudio constante de la mezcla utilizada, asegura la estandarización de las proporciones idóneas de arcilla, arena y limo para cada tipo de ladrillo cerámico, tal que se pueda distribuir un producto que cumpla con la norma NTP 331.017.

Es preciso mencionar que para mantener los indicadores actuales de productividad, se sugiere la construcción e instalación de 2 secaderos rápidos, con capacidades individuales de 10-12 ton/h y dimensiones aproximadas de 120 m de largo y 3.5 m de ancho. De forma que se respete la disponibilidad de espacio destinado a expansión en planta y no genere alteraciones en el funcionamiento regular del proceso cocción.

#### **4.2.2 Implementación de metodología 5'S**

La metodología 5S se basa en cinco pasos que se aplican en un área de trabajo determinada con la finalidad de mejorar su distribución, orden y limpieza; el objetivo de implementar esta metodología es optimizar el desarrollo de las actividades y que de esta manera aumente la productividad en el proceso.

En la presente tesis, se ha diseñado una propuesta de aplicación del método de 5S en la zona de producción de la empresa Cerámicos Piura S.A.C., por lo que se ha realizado un estudio detallado de cada etapa y mediante el análisis de la información recopilada, se darán recomendaciones a seguir para ejecutar esta implementación.

Esta herramienta propone la realización de algunos pasos previos, de manera que todos los miembros de la organización intervengan en su desarrollo, por lo que es fundamental que todos los involucrados estén pendientes del proceso y puedan aportar desde su posición diferentes métodos y conocimientos, así como también brinden las facilidades para que se cumpla el objetivo principal (ZEN EMPRESARIAL, 2009).

Los pasos que se plantean son los siguientes:

- Dar a conocer a la alta dirección de la empresa el método de las 5S informándole de los posibles resultados que se pueden lograr. (Rosso & Gariglio, 2016)
- Evaluar económicamente la implementación de la herramienta, teniendo en cuenta la adquisición de mobiliaria, horas de capacitación u horas-hombre de producción. (Rosso & Gariglio, 2016)
- Definir los recursos humanos; esto implica el tiempo que las personas utilizarán para ejecutar las tareas asignadas, así como las personas encargadas de facilitar el trabajo durante la implementación de la herramienta. (Rosso & Gariglio, 2016)

- Crear un comité encargado del programa 5S, el cual debe estar conformado por un miembro de cada área de la organización y cuyo principal objetivo sea promover y supervisar las acciones de la 5S. (Rosso & Gariglio, 2016)
- Implementar un Plan Maestro de 5S, en donde se plasme los objetivos, políticas y estatutos del programa, líneas de acción y establezca los tiempos de ejecución de las diferentes acciones. (Rosso & Gariglio, 2016)
- Implementar un mecanismo de comunicación, de manera que todos los trabajadores conozcan las actividades, logros y próximos pasos del programa. (Rosso & Gariglio, 2016)
- Dar lanzamiento del programa a través de la alta dirección. (Rosso & Gariglio, 2016)

A continuación se dan a conocer las 5S, en las cuales se detallan lo observado en planta, así como las recomendaciones que se pueden tener en cuenta al momento de su aplicación.

#### **A. SELECCIONAR (SEIRI)**

En este primer paso se trata de diferenciar entre elementos necesarios e innecesarios presentes en las diferentes áreas de producción, con el fin de aprovechar el espacio de una manera óptima para el desarrollo de actividades. Aquí también se deben identificar aquellos materiales que se deben utilizar y que no están presentes.

Dentro de lo observado se puede identificar lo siguiente:

- Esteras en buen y en mal estado dispersas por diferentes zonas de secado, tanto en pampa como en galpones.
- Elementos de limpieza en malas condiciones y tirados por diferentes zonas en el área de formado.
- Estructuras que suministran el combustible son dejadas a la intemperie cuando no es utilizada, lo cual genera que su vida útil se reduzca y tengan que ser reparadas en repetidas ocasiones. Además, los materiales como geomembranas o herramientas que no están siendo utilizados en ese momento son acomodados en cualquier espacio sin tener en cuenta la posibilidad de que se malogren u oxiden.

Recomendaciones:

- Identificar todas las herramientas realmente necesarias en los distintos puestos de trabajo y deshacerse de todo lo innecesario evitando que vuelva a aparecer. Esta actividad se debe realizar en conjunto con los colaboradores del área de producción, tal que se pueda definir lo que se debe quedar y/o eliminar.
- Identificar y clasificar por medio de cartillas cada elemento.
- Definir una zona de descarte dentro de la zona de producción, para ahí colocar aquellos elementos que no son necesarios.
- En la zona de descarte, el comité encargado debe definir aquellos elementos aun útiles y elementos no necesarios. De los primeros se pueden encontrar elementos en buen

estado que se pueden utilizar en otras áreas, así como elementos que se pueden recuperar; de los elementos no necesarios se pueden identificar materiales y equipos que se pueden vender para otros usos, así como aquellos que se pueden vender como chatarra, también habrá basura que se debe desechar directamente.

## **B. ORDENAR (SEITON)**

Esta etapa consiste en disponer de forma ordenada los elementos que hemos clasificado como necesarios, de modo que se puedan encontrar con facilidad. Principalmente esto se realiza pues desarrolla las condiciones para que cualquier elemento pueda ser localizado por cualquier persona de forma rápida y en el momento necesario.

Dentro de lo observado se puede identificar lo siguiente:

- Elementos como esteras, geomembranas o depósitos esparcidos por toda la zona de producción.
- La maquinaria no posee elementos que faciliten su rápida identificación.
- Las diferentes zonas de trabajo no se encuentran debidamente señalizadas, generando problemas de ubicación en el nuevo personal.
- Las herramientas de trabajo no se encuentran debidamente organizadas ni identificadas.

Recomendaciones:

- Al momento de ordenar se debe tener en cuenta aspectos como la ergonomía del usuario y la función de cada elemento a utilizar.
- Identificar los materiales, equipos e instrumentos de forma clara mediante señales, carteles y etiquetas.
- Definir en equipo la ubicación y señalización correcta para cada elemento, además se debe tener en cuenta que se debe señalar tanto el objeto como el lugar en el que debe ir ubicado, desde lo general hasta lo específico, de esta manera el obrero puede saber dónde debe colocar el objeto al terminar de utilizarlo o donde debe buscarlo cuando lo necesite. Por ejemplo: se debe tener una zona para colocar exclusivamente las esteras, los implementos de limpieza y la vestimenta de los operarios.
- Señalar adecuadamente las zonas de tránsito, de tal forma que se reduzca el riesgo de accidentes vehiculares en planta.
- Señalar las zonas de peligro, así como la indumentaria que se debe utilizar en cada una de ellas.

Ordenar estos elementos es indispensable para que todos los obreros cuenten con las herramientas necesarias para realizar su trabajo de manera efectiva y sin demoras por falta de orden. Se debe tener en cuenta que es imprescindible que cada cosa esté señalizada con

su nombre, por lo que todos los equipos deben ser identificados claramente, mediante avisos, carteles y etiquetas.

### **C. LIMPIAR (SEISO)**

La etapa de limpieza es fundamental luego de haber eliminado los innecesarios y haber ordenado los necesarios, ya que la suciedad disminuye la motivación, complica los procesos operativos, aumenta los riesgos y puede disminuir la calidad del producto final.

El objetivo de este tercer paso es mantener limpios los puestos de trabajo, basándonos en la eliminación de las fuentes de suciedad.

Dentro de lo observado se puede identificar lo siguiente:

- Los galpones presentan desperdicios en las fronteras de cada uno, evitando el correcto traslado entre ellos.
- La zona de producción se encuentra sucia, con presencia de mermas.
- Los hornos presentan ceniza y desperdicios en la parte superior, que imposibilitan el libre tránsito del personal, provocando accidentes.
- No se encuentran distribuidos recipientes de recolección de residuos en el área de producción.

Recomendaciones:

- Establecer un espacio de 15 minutos antes de que termine cada turno para que los obreros coloquen en su lugar las herramientas que han utilizado, siguiendo con el protocolo de seccionamiento de los almacenes. Así mismo deben aprovechar este espacio de tiempo para limpiar su área de trabajo, procurando que las personas que ingresen en el siguiente turno encuentren un ambiente limpio y de esta manera se motiven a trabajar.
- Definir el orden de la limpieza, así como un responsable rotativo de esta actividad en cada turno.
- Gestionar la compra de los implementos de limpieza necesarios para que los obreros no dejen de limpiar por falta de insumos.
- Motivar a los obreros a limpiar su área de trabajo sin necesidad de avisos o llamadas de atención, buscar mediante capacitaciones que entiendan la importancia de un ambiente limpio y ordenado.

### **D. MANTENER/ESTANDARIZAR (SEIKETSU)**

Durante esta etapa de la metodología, se trata de controlar lo logrado en las 3 primeras "s", de tal manera que cualquier persona inclusive ajena al área pueda distinguir fácilmente una situación normal de otra que no lo es.

Dentro de lo observado se puede identificar lo siguiente:

- Falta de manuales para el uso de maquinaria y herramientas, así como de acciones de limpieza y control.
- Falta de acciones a tomar en caso de detectar alguna anomalía en el proceso.
- No se han diseñado manuales de capacitación para que los trabajadores conozcan sus responsabilidades en relación con el orden y limpieza del área de producción.

Recomendaciones:

- Colocar una imagen referencial que evidencie como debe quedar el lugar donde se guardan las herramientas de trabajo.
- Implementar formatos de control que evalúen cuantitativamente el involucramiento de los empleados y la implementación de la metodología. (Rosso & Gariglio, 2016).
- Colocar botones de emergencia y de parada de producción de manera que todos los involucrados en el proceso, tanto operarios como jefes, conozcan lo que está sucediendo en los procesos de formado, secado y quema.
- Fijar parámetros de control en cada subproceso de producción, haciendo uso de herramientas métricas e indicando las acciones que se deben tomar cuando no se encuentren dentro de estos valores.

#### **E. AUTODISCIPLINA (SHITSUKE)**

La última etapa de esta metodología recae especialmente en los directivos de la organización, pues son ellos los que deben generar en todos los trabajadores los hábitos correspondientes para que lo logrado en las anteriores etapas se mantengan.

Recomendaciones:

- Cada responsable de área debe realizar auditorías y controles de lo logrado de acuerdo con los objetivos semanales, mensuales y anuales planteados.
- Capacitar constantemente a los trabajadores.
- Implementar canales de comunicación, donde se indiquen los objetivos por lograr y los logros obtenidos, facilitando el involucramiento de todo el personal.
- Incentivar y valorar las aportaciones de cada trabajador.
- Generar un clima de confianza entre todos los niveles de organización.

Se recomienda implementar la metodología 5S en toda la cadena de producción, con la intención de aumentar la productividad, sin olvidar que esta implementación representa un esfuerzo en conjunto de todos los niveles de la organización por lo que es un trabajo que tomará tiempo pero que se verá reflejado en la mejora de los procesos y procedimientos de la empresa, permitiendo un uso adecuado de los espacios y fomentando un buen clima laboral.

### **4.2.3 Propuesta de mejoramiento de los procedimientos de información**

Esta propuesta de mejora está relacionada con las deficiencias identificadas en la recopilación de datos y procesamiento de la información del proceso productivo de la empresa Cerámicos Piura SAC.

La importancia de esta recomendación se basa en la incapacidad de tomar decisiones a tiempo, no solo a causa de la inexistencia de reportes en procesos fundamentales, sino también debido a la inexactitud y falta de orden con la que se recopilan y analizan los datos.

- **Generación de nuevos reportes**

En este apartado, se dan a conocer aquellos documentos que se deben implementar para obtener datos valiosos que permitirán la toma de decisiones de manera oportuna y la generación de una trazabilidad detallada en el proceso.

- Reporte de stock de materia prima.

En el informe colocado en Anexo 1, se da a conocer el stock de los distintos insumos que se utilizan en el proceso productivo, de manera que se pueda solicitar de manera oportuna cuando alcancen el stock de seguridad establecido. De igual manera presenta las toneladas de mezcla que se tienen listas para ingresar al proceso de formado, facilitando así la programación y cumplimiento de objetivos semanales en el área.

- Reporte de operación diaria de cargador frontal.

En el reporte presentado en Anexo 2, se indica la eficiencia de cada operador de cargador frontal y el rendimiento en ton/h de las actividades que realiza, permitiendo así conocer que operador cumple con la ejecución de sus actividades de manera eficiente y facilitando la toma de decisiones en caso se requiera la distinción de estos.

- Reporte de mantenimiento preventivo de cargador frontal.

El reporte que se presenta en el Anexo 3, proporciona una actualización diaria del estado de cada cargador frontal, tal que permita la programación de mantenimiento en cada maquinaria y asegure la toma de acción ante cualquier desperfecto.

- Reporte de control de producto seco.

El informe presentado en el Anexo 4, asegura el control detallado de cada variable relacionada con el secado del producto crudo, permitiendo descartar imperfecciones, generando una estimación del tiempo de secado y favoreciendo la proyección de las características que poseerá el producto cocido.

- Reporte de control de producto cocido.

Este informe se encuentra presentado en el Anexo 5 y al igual que en el caso del reporte anterior, posibilita el seguimiento total del proceso y el control de las variables de calidad que se consideran indispensables para la categorización del producto terminado.

- **Modificación de reportes existentes**

En esta clasificación se encuentra el informe de hornos que, a pesar de haber sido utilizado constantemente, no aseguraban la recopilación de todas las variables relacionadas con la cocción de ladrillo cerámico, por lo que no permitían la correcta interpretación del proceso.

- Reporte de hornos

El objetivo de este documento es informar a gerencia el desenvolvimiento diario de los procesos de cocción y despacho del producto terminado. Así mismo, facilita el control de los costos incurridos y la eficiencia tanto de los insumos utilizados, como del personal que forma parte del área de quema.

**Figura 84. Reporte de hornos actual- Parte 1**

Reporte de Hornos CP				
				
<b>Actualizado el 18/07/2022 a las 5:00 pm</b> Supervisor: Ing. Aaron Ernesto Renteria Yarleque Ing. Alvaro Cajacuri Arratia				
<b>Stock de insumos y mezcla</b>				
INSUMO	Sacos	TN	TN GUANO HÚMEDO	
GUANO		54.00	1486	
CARBÓN		70		
CASCARA DE CAFE	2302	103.59		
MEZCLA EN SACOS	70	3.5		
<b>Entradas y Salidas</b>				
<b>TONELADAS DE SPACHADAS</b>				
Ladrillo	Oro Negro	Grupo Quiroga	Grupo San Antonio	Porcentaje
KK-18	17.004	44.472	0.000	30%
H-15	14.576	0.000	94.744	64%
H-12	0.000	0.000	0.000	0%
Pandereta	0.000	0.000	30.784	15%
Tipo IV	0.000	0.000	0.000	0%
Pastelero	0.000	0.000	0.000	0%
H-20	0.000	0.000	0.000	0%
H-8	0.000	0.000	0.000	0%
Total	31.580	44.472	125.528	100%
		201.580		
<b>Tn CRUDAS ESTIBADAS</b>				
Ladrillo	Tn	%	Tn COCIDAS ESTIBADAS	
KK-18	57.595	27%	13.080	28%
H-15	156.838	73%	25.464	56%
H-12	0.000	0%	7.947	17%
Pandereta	0.000	0%	0.000	0%
Tipo IV	0.000	0%	0.000	0%
Pastelero	0.000	0%	0.000	0%
H-20	0.000	0%	0.000	0%
H-8	0.000	0%	0.000	0%
Total	214.534	100%	46.492	100%
Eficiencia de estiba		72%		
Tn/Hora		36.004		

Observaciones:

- Se ha planificado hacer el mezclado de insumos de quema con el cargador frontal en el área de recepción de guano, solo se dispuso de tres operarios para extraer los insumos molidos de los almacenes según las proporciones establecidas, se calculó obtener unas 6 Tn de mezcla pero al no completar la cantidad total de guano por desabastecimiento del almacén, se completará la tarea mañana, se continuará estudiando el proceso en el transcurso de los días para acelerar el proceso de preparación de mezcla.

Figura 85. Reporte de hornos actual- Parte 2

Avance de Quema											
TONELADAS COCIDAS											
63%		23%		0%		14%		0%		0%	
KK-18		H-15		H-12		Pandereta		Tipo IV		Pastelero	
97.356		34.790		0.000		21.194		0.000		0	
153.340											
DESCARTE				PRECOCIDO				SEGUNDA			
Ladrillo	Tn	Porcentaje	Costo	Tn	Porcentaje	Costo	Tn	Porcentaje	Costo	Tn	Costo
KK-18	7.06	0.52	S/ 96.60	1.57	1.00	S/ 21.47	4.45	0.59	S/ 60.82		
H-15	5.17	0.38	S/ 91.38	0.00	0.00	S/ -	3.13	0.41	S/ 55.34		
H-12	1.30	0.10	S/ 19.41	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -		
Pandereta	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -		
Tipo IV	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -		
Pastelero	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -		
H-20	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -	0.00	0.00	S/ -		
Total	13.54	1.00	S/ 207.39	1.57	1.00	S/ 21.47	7.58	1.00	S/ 116.16		
Personal de Hornos											
Auxiliares	Quemadores	Apoyos	Controladores	Jefe de	Supervisor de	Total					
15	4	6	2	1	1	29					
Tabla 4: DATOS GENERALES DEL LADRILLO											
Tipo de Ladrillo	Peso Crudo(Kg)	Peso Cocido(Kg)	Mill x paq.	Tn por paq. Crudo	Tn por paq. Cocido						
KK-18	3.193	2.82	3.10	9.90	8.11						
H-15	8.443	7.29	0.75	6.33	5.47						
H-12	7.791	6.18	0.82	6.39	5.07						
Pandereta	2.246	1.92	3.60	8.09	6.93						
Tipo IV	3.790	3.41	2.60	9.85	8.87						
Pastelero	2.310	0.00	1.08	2.50	0.00						
H-20	0.00	10.90		0.00	0.00						
H-8		4.40	1.10		4.84						

Teniendo esto en cuenta, se analizó el diseño, la organización y la presentación de indicadores en el reporte actual, concluyendo que existen deficiencias notables no solo en el contraste de las tablas y gráficos presentados, sino también en la estructura que sigue el informe, pues contrario a su objetivo principal, dificulta la visualización de los indicadores requeridos.

Tal como se puede apreciar, el mal uso de contraste en las tablas en las Figura 84 y Figura 85 no permite la rápida identificación de los datos requeridos, el tamaño de la letra requiere ejecutar movimientos innecesarios en la hoja de trabajo y no se presenta una estructura clara. El reporte no muestra la información procesada con la formalidad que requiere un documento de este tipo, por lo que se modificaron todas las observaciones aquí mencionadas.

Figura 86. Propuesta de modificación de reporte de hornos- Parte 1



Figura 87. Propuesta de modificación de reporte de hornos- Parte 2



Las modificaciones del reporte presentadas en las Figura 86 y Figura 87 pretenden favorecer la visualización de los indicadores de control definidos para el área de quema, además estructura la información tal que el usuario no requiera desplazarse en el documento para buscar datos específicos. Se buscó trabajar con colores suaves que aseguren el contraste de la información presentada, teniendo como objetivo mejorar la experiencia de gerencia y reducir la confusión en los análisis que se ejecutarán como resultado de este informe.

#### 4.2.4 Propuesta de rediseño de disposición en planta

Debido a los inconvenientes que se generan con la disposición ineficiente de los ambientes en planta, se muestra en este apartado un rediseño del layout general de la fábrica. Cabe mencionar que a pesar de que se incluirán todos los ambientes en cada paso de este rediseño, solo se modificará la ubicación de las áreas en las que sea lógico y accesible su traslado, siendo así, se mantendrán en su ubicación las áreas de secado y quema.

- **Matriz de interrelaciones**

En esta etapa se enlistaron todas las áreas de la planta y en la parte superior de la matriz se repitió la numeración correspondiente a cada una. Posteriormente, se utilizaron los códigos, las figuras y las razones de proximidad establecidos en la Tabla 2, Tabla 3 y en la Figura 21.

**Figura 88. Diagrama de interrelaciones Tallán**

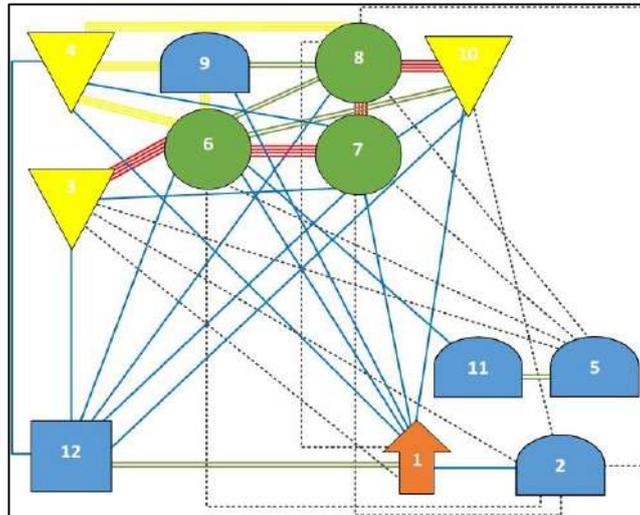
		Áreas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		Oficinas administrativas		O	X	O	U	O	O	X	O	O	U	I
				4	7	5		3	3	7	4	3		3
2		Comedor			X	U	U	X	X	X	U	X	U	U
					7			8	8	8		8		
3		Almacén de arcilla				U	X	A	O	U	U	U	U	O
							8	1	4					4
4		Almacén de materiales					U	E	O	E	E	U	U	O
								3	4	3	3			5
5		Dormitorios						X	X	X	U	U	I	U
								8	8	8			4	
6		Área de producción							A	I	E	I	O	O
									2	4	3	4	4	4
7		Área de secado								A	U	O	U	O
										2		3		5
8		Área de quema									I	A	U	O
											4	2		5
9		Área de Mtto.										U	O	U
													4	
10		Almacén de PT											U	O
														5
11		SS.HH												U
12		Garita												

Es importante mencionar que los criterios y razones de proximidad utilizados en la matriz anterior, han sido determinados con base en la experiencia del equipo de tesis y la revisión de layouts utilizados en distintas plantas ladrilleras.

- **Diagramas de interrelaciones**

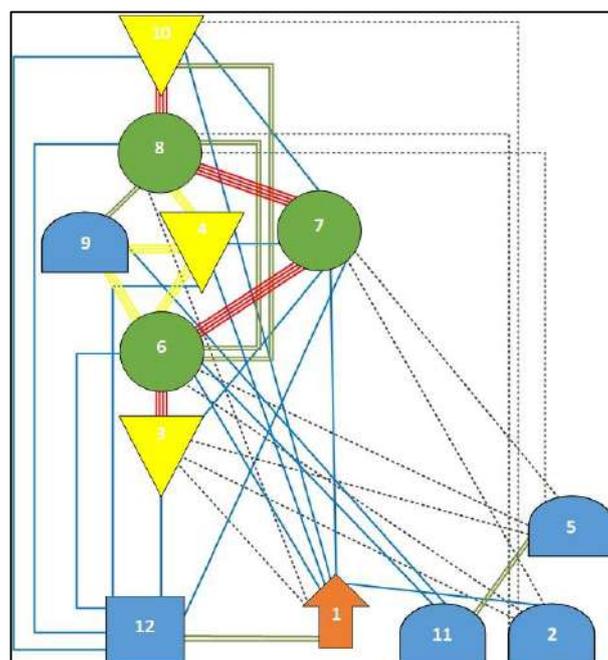
En la primera propuesta se evalúa la posibilidad de distribuir los almacenes de materiales en la zona oeste y las de producto terminado en la zona este. Además, el área de mto. se encuentra en la zona central rodeado de las áreas productivas.

**Figura 89. Diagrama de interrelaciones-Primera propuesta**



En la segunda propuesta se evalúa la posibilidad de colocar los almacenes de producto terminado en la zona norte y el almacén de arcilla en la zona sur. En esta propuesta el área de mto. y el almacén de materiales, se encuentra en la zona centro-oeste, entre el área de producción y el área de quema.

**Figura 90. Diagrama de interrelaciones-Segunda propuesta**



- **Cálculo de área requerida**

Para ejecutar correctamente la estimación del terreno que requiere cada área de la fábrica, no solo se ha tomado en cuenta el espacio que ocupa la maquinaria, equipos o inmuebles que se utilizan en cada una de estas, sino también los espacios necesarios para que todo el personal pueda circular correctamente por toda la planta.

Respecto al espacio requerido por las oficinas administrativas, se establece que el área mínima que debe ocupar un ejecutivo es de 18 m<sup>2</sup> y un ejecutivo junior es de 10 m<sup>2</sup> (Sule, 2001), por lo que se asignarán estos valores para las oficinas a ocupar por el gerente general y los jefes de cada área respectivamente.

Para el cálculo del espacio requerido por las áreas de producción y mantenimiento, se utilizará el método Guerchet. Tal como se estableció en el inicio de este subtítulo, no se modificará el espacio de las áreas de secado y quema. Por último, debido a que se prevee trabajar con la misma capacidad, no se modificará el espacio ocupado por el almacén de materias primas pero si se propondrá trasladarlo a una ubicación que reduzca los movimientos de la maquinaria implicada en esta área.

- Altura promedio de elementos móviles en producción: 1.7 m
- Altura promedio de elementos estáticos en producción: 3 m

$$K = \frac{1.7}{2 * 3}$$

$$K = 0.283$$

**Tabla 12. Área requerida-Área de producción**

Área de producción	N	N	Largo	Ancho	Ss (m <sup>2</sup> )	Sg(m <sup>2</sup> )	Se(m <sup>2</sup> )	St(m <sup>2</sup> )
Tolva principal	1	1	5	4.2	21	21	11.886	53.886
Dispensadora	1	1	2.8	1.6	4.48	4.48	2.53568	11.49568
Molinos	2	1	1.4	1.8	2.52	5.04	2.13948	9.69948
Zaranda	1	1	5	4.2	21	21	11.886	53.886
Amasadora	1	1	4.1	1.6	6.56	6.56	3.71296	16.83296
Laminadora	1	1	2.2	2.4	5.28	5.28	2.98848	13.54848
Cortadora	1	1	1.5	2.8	4.2	4.2	2.3772	10.7772
Extrusora	1	2	4.5	2.1	9.45	9.45	5.3487	48.4974
Faja de traslado	1	6	8	0.7	5.6	5.6	3.1696	86.2176
Retiro de merma zaranda	1	1	22	4	88	88	49.808	225.808
<b>TOTAL</b>								<b>530.6488</b>

- Altura promedio de elementos móviles en mantenimiento: 1.7 m
- Altura promedio de elementos estáticos en mantenimiento: 1.6 m

$$K = \frac{1.7}{2 * 1.6}$$

$$K = 0.53125$$

**Tabla 13. Área requerida-Área de mantenimiento**

Área de mantenimiento	N	n	Largo	Ancho	Ss (m <sup>2</sup> )	Sg(m <sup>2</sup> )	Se(m <sup>2</sup> )	St(m <sup>2</sup> )
Estantes para herramientas	3	1	2.4	1	2.4	7.2	5.1	14.70
Estantes para repuestos	2	1	2.1	2	4.2	8.4	6.69375	19.29
Taladro de banco	1	3	1.1	0.9	0.99	0.99	1.05187	9.10
							5	
Cubículo de soldado	3	1	1.4	1.5	2.1	6.3	4.4625	12.86
Tableros eléctricos	5	1	1.3	0.8	1.04	5.2	3.315	9.56
Mesa de trabajo	4	4	1	1	1	4	2.65625	30.63
<b>TOTAL</b>								<b>96.13</b>

Respecto al área requerida por el comedor, se asume que los trabajadores de la planta almorzarán en grupos de 25, por lo que teniendo en cuenta que de acuerdo con la Resolución Suprema N°0019-81-SA/DVM, por cada persona se recomiendan 1.4 m<sup>2</sup> (Ministerio de Salud, 1981) y además que se aproximan 15 m<sup>2</sup> como área de cocina, se calcula que en total se requerirá un área de 50 m<sup>2</sup>.

En relación al cálculo del área requerida por el almacén de materiales se utilizarán 6 estantes metálicos de 40x75x176 cm cada uno y un espacio de 10 cm entre ellos, además se consideran 4 m<sup>2</sup> como área libre para movimientos, esto debido a que se toma como referencia el almacén actual, pues se considera que se encuentra organizado de forma adecuada para los requerimientos promedio de planta.

- Largo ocupado por estantes: 6x0.75 m+5x0.1 m= 5 m
- Ancho ocupado por estantes: 4x0.4 m+3x1.2 m= 5.2 m
- Área ocupada por los estantes: 26 m<sup>2</sup>
- Área total: 30 m<sup>2</sup>

Por último, para definir el área a utilizar en el almacén de productos terminados se ha establecido un stock promedio de 4000 ton, siendo estas ordenadas en palets de 1.5 ton, se han calculado un uso total de 2600 palets. Teniendo en cuenta que estas estibas pueden ser apiladas hasta en dos niveles, se calcula la siguiente área total:

- Área ocupada por grupo de 2 palets: 1300 x 0.8 m x1.45 m = 1508 m<sup>2</sup>
- Área ocupada por pista: 377 m<sup>2</sup>
- Área total: 1885 m<sup>2</sup>

Consideraciones:

- Los SS.HH. poseerán el tamaño promedio de 2 baños personales, es decir 6 m<sup>2</sup> (María J., 2021).
- Se considera que la garita de vigilancia poseerá el mismo tamaño que es usado en la actualidad, es decir 8 m<sup>2</sup>.
- Debido a que no se consideran modificaciones en el total de trabajadores contratados, no se modificarán las dimensiones utilizadas actualmente en los dormitorios, es decir 110 m<sup>2</sup>.
- El espacio total calculado no incluye pasadizos ni aspectos modificatorios.

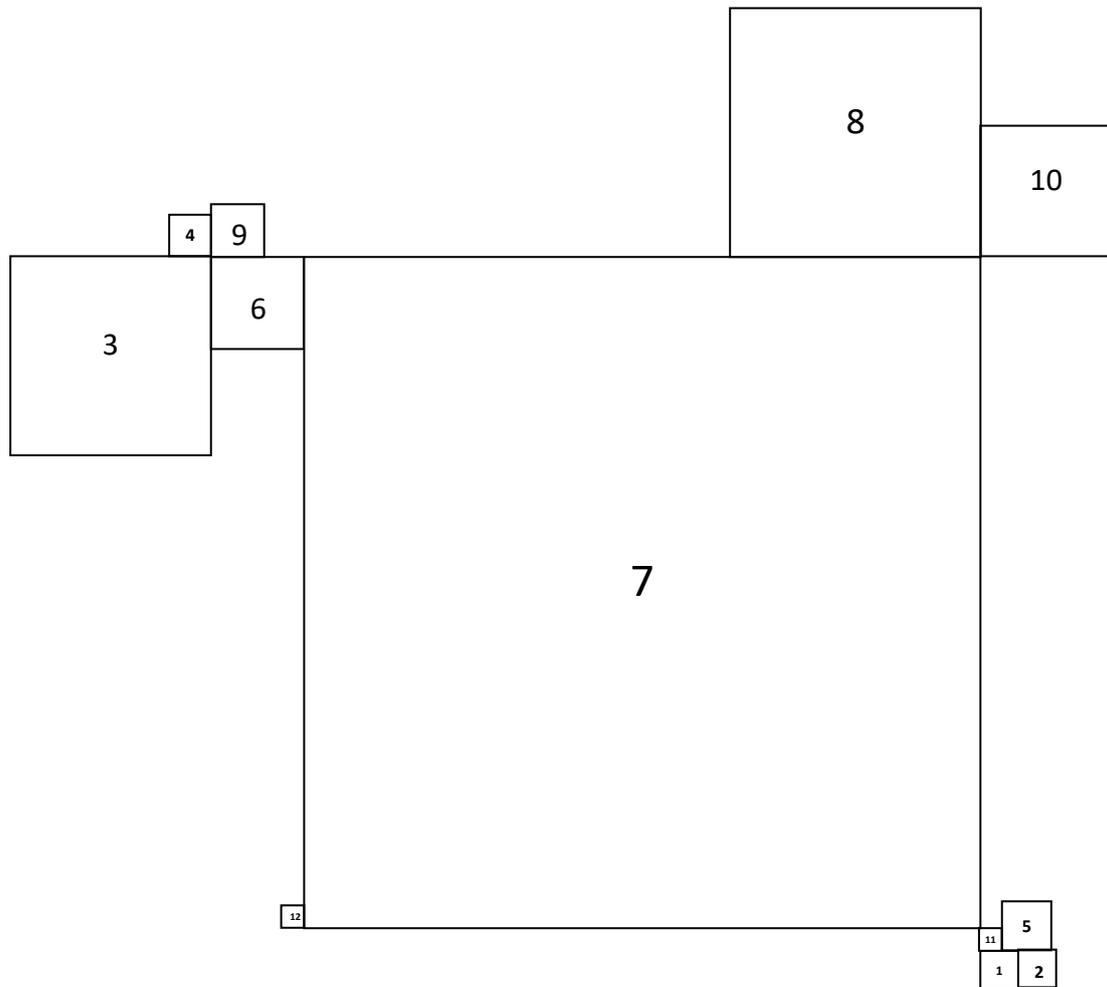
**Tabla 14. Compilado de áreas requeridas**

N°	Área	m <sup>2</sup>
1	Oficinas administrativas	58
2	Comedor	50
3	Almacén de arcilla	3450
4	Almacén de materiales	30
5	Dormitorios	110
6	Área de producción	531
7	Área de secado	50034
8	Área de quema	6890
9	Área de mantenimiento	96
10	Almacén de PT	1885
11	SS. HH	6
12	Garita	8
<b>TOTAL</b>		<b>63148</b>

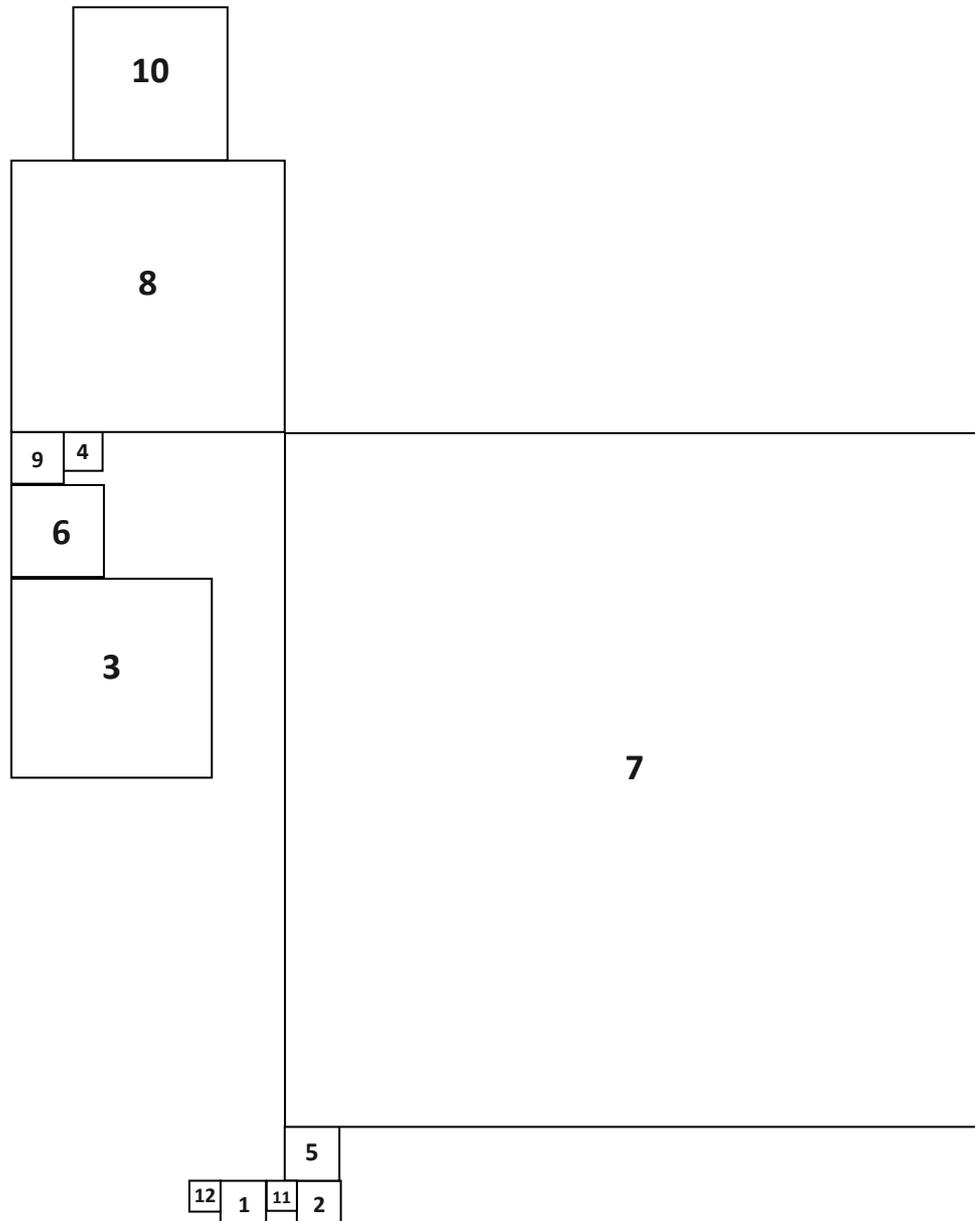
- **Diagrama de bloques**

Teniendo en cuenta los diagramas de interrelaciones propuestos en las Figura 89 y Figura 90, además de los cálculos de las áreas requeridas por cada ambiente de la fábrica, se han elaborado dos propuestas de diagrama de bloques.

La primera propuesta de diagrama de bloques se ha diseñado tomando como referencia la Figura 89 y las áreas establecidas en la Tabla 14. Los espacios se encuentran escalados a un espacio de 13 x 14.49 cm.

**Figura 91. Diagrama de bloques-Propuesta N°1**

La segunda propuesta de diagrama de bloques se ha diseñado tomando como referencia la Figura 90 y las áreas establecidas en la Tabla 14. Los espacios se encuentran escalados a un espacio de 16.16 x 12.8 cm.

**Figura 92. Diagrama de bloques-Propuesta N° 2**

- **Lay out**

El penúltimo paso para determinar la distribución en planta idónea, es diseñar un lay out por cada propuesta de diagrama de bloques planteada. En estos diseños se incluyen algunas partes importantes, tales como entradas y salidas y distribución de los servicios higiénicos.

Figura 93. Lay out - Propuesta N° 1

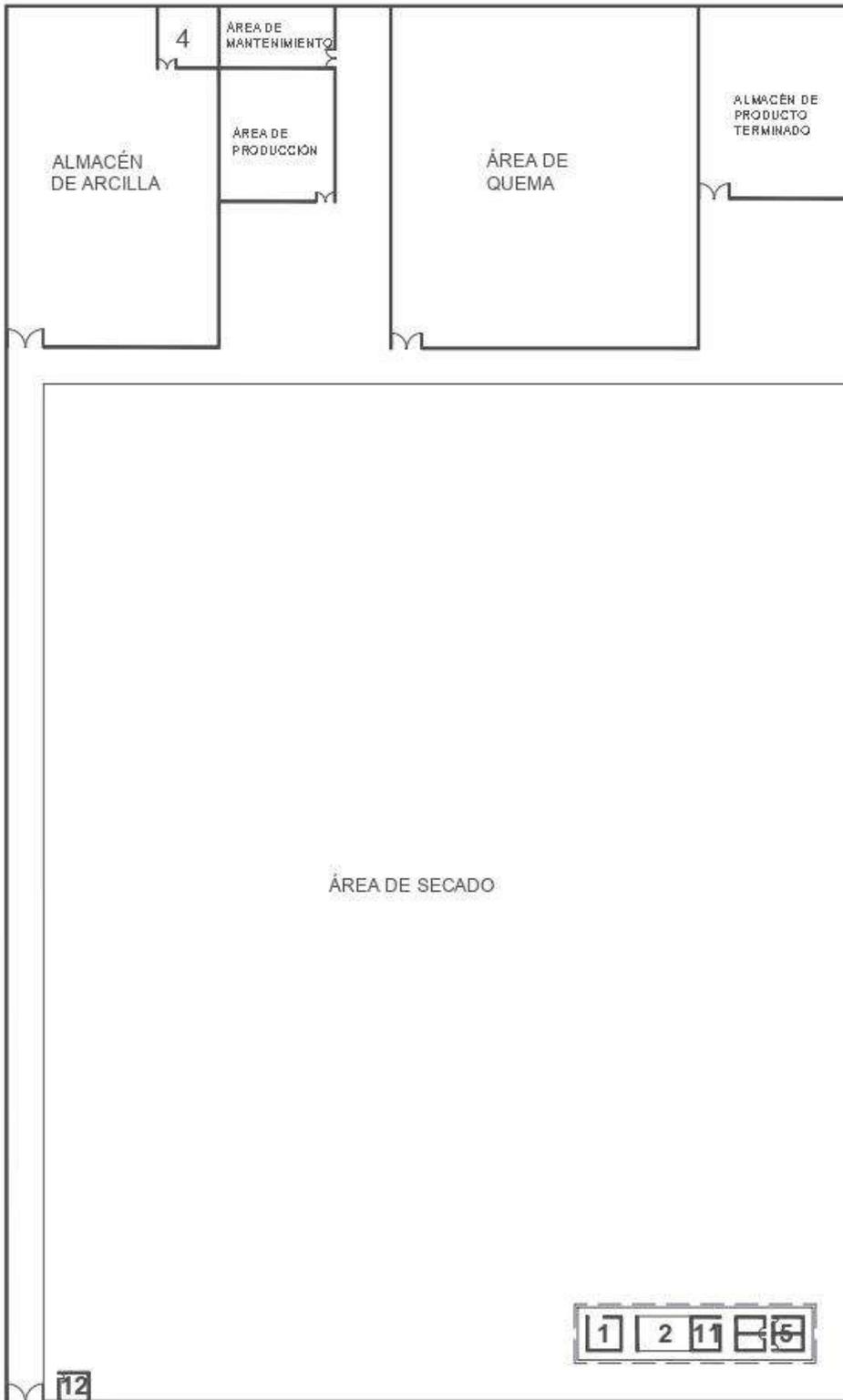
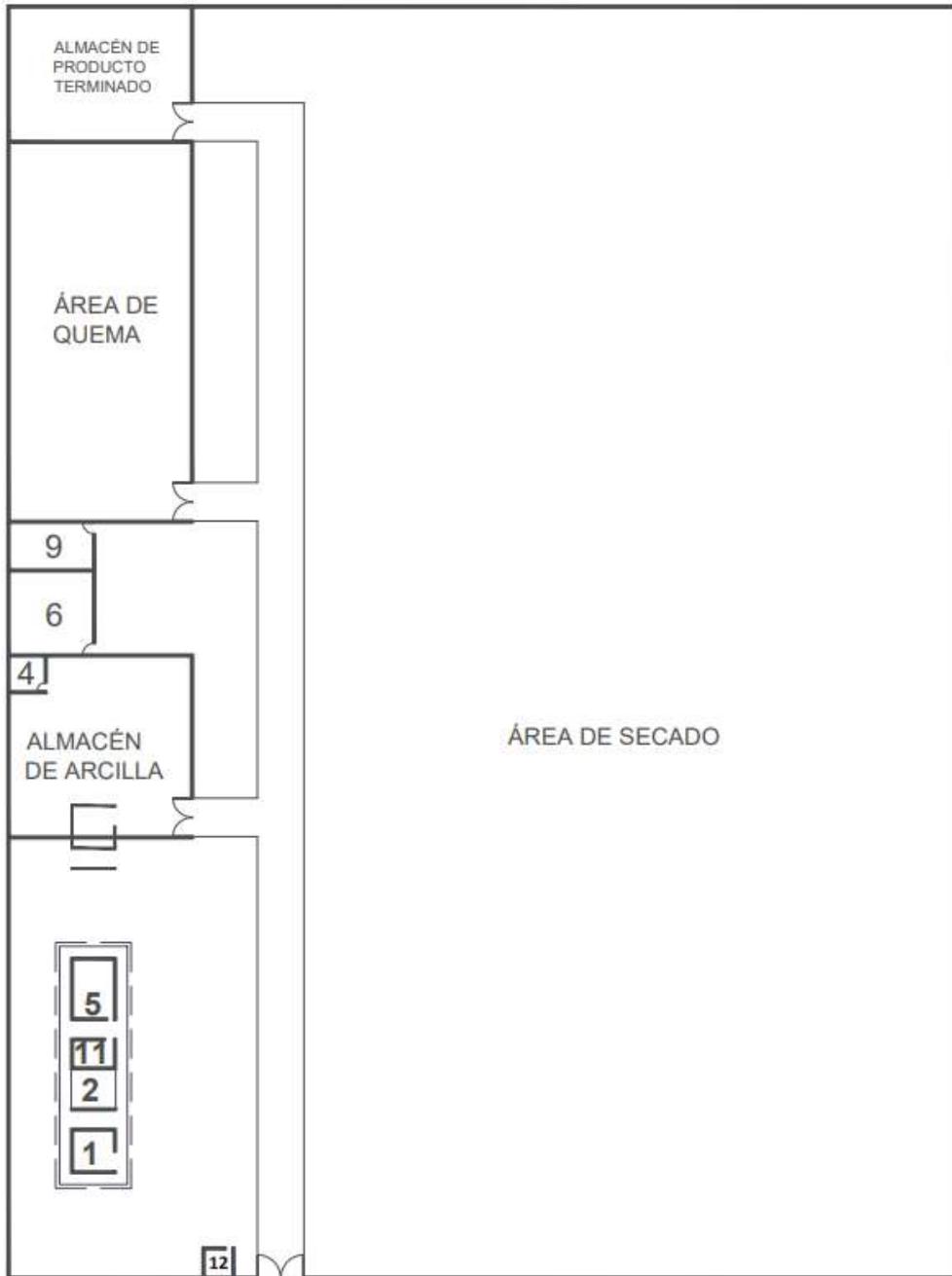


Figura 94. Lay out- Propuesta N°2



- **Evaluación multicriterio**

El último paso de esta metodología incluye la evaluación multicriterio de las dos propuestas planteadas, en la cual cada criterio tendrá un peso porcentual y una calificación cuantitativa de 1 a 5 (donde 1 es cuando menos cumple con el criterio, y 5 cuando más cumple con el criterio).

**Tabla 15. Evaluación multicriterio.**

Criterio	Peso (%)	Propuesta 1		Propuesta 2	
		Calificación	Puntaje	Calificación	Puntaje
Se ajusta mejor a las interrelaciones	25	4	100	4	100
Reestructuración	30	3	90	4	120
Menores recorridos	20	2	40	3	60
Menor desplazamiento de MP y PT	25	2	50	3	75
<b>Total</b>	<b>100</b>		<b>280</b>		<b>355</b>

De acuerdo con los resultados de la evaluación multicriterio la mejor alternativa es la propuesta N° 2.

#### **4.2.5 Merma excesiva de ladrillo cocido**

El proceso de cocción es la última parte de la producción de ladrillos, siendo el punto donde se observará la forma y aspecto final que tendrá el producto para los potenciales clientes. Sin embargo, como se ha indicado en el punto 4.1.5, el proceso es llevado empíricamente por personas que aunque tienen años de experiencia en esta área, dejan de lado aspectos importantes que se deben implementar y controlar; lo que busca la empresa es estandarizar el proceso y guiarse de parámetros de control que permitan encontrar con facilidad la causa raíz de los problemas que surgen a diario y así reducir significativamente la merma generada.

Entre los puntos que se deben controlar están:

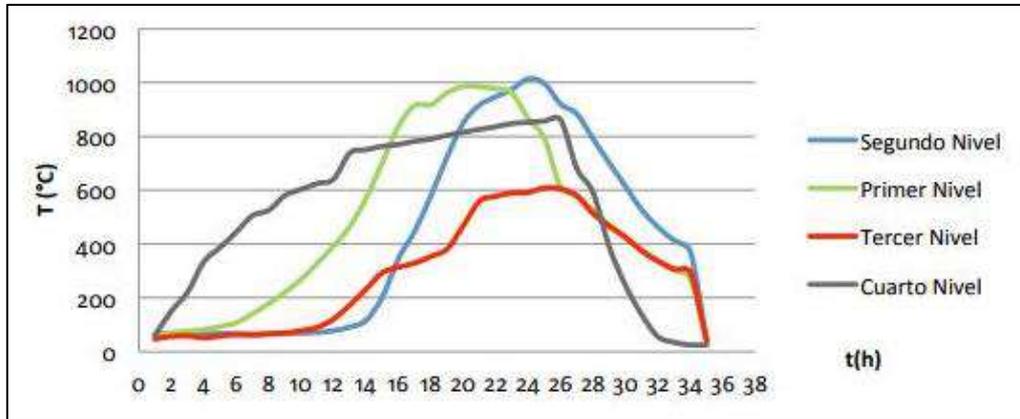
- **Curva de temperatura/tiempo de quema**

Es necesario controlar la velocidad de cocción de los ladrillos, pues esto permite a su vez generar un máximo rendimiento de los hornos y un mínimo consumo de combustible. Durante su ejecución el horno pasa por 3 etapas: precalentamiento, quema y enfriamiento (Universidad de Pamplona, 2018).

De estas etapas el precalentamiento y el enfriamiento deben ser las etapas con mayor periodo de tiempo, de manera que los ladrillos no reaccionen, generando fisuras que luego se transforman en merma y pérdida para la empresa, es importante indicar que la temperatura

máxima y mínima a la que debe llegar cada etapa varía según el tipo de ladrillo que se está quemando, teniendo una relación directa con el tiempo de las etapas y la calidad de la arcilla que se utiliza.

**Figura 95. Curva de temperatura**



**Nota. Adaptado de (Universidad de Pamplona, 2018)**

Para llevar a cabo esta curva de temperatura, se deben implementar termocuplas que permitan visualizar en cualquier momento la temperatura a la que se encuentra el horno, para así recolectar datos y lograr realizar el gráfico correspondiente. Si se detecta alguna anomalía en el gráfico, como cambios bruscos de temperatura en corto tiempo se debe tener la posibilidad de variar la potencia de los extractores de aire de cada horno, de tal manera que se logre una curva de temperatura estable y que evite posibles fisuras en los ladrillos.

**Figura 96. Termocupla**



**Nota. Adaptado de (ElectroPro, 2017)**

- **Mantenimiento preventivo de los hornos**

Los doce hornos que tiene la empresa son de tipo semi-Hoffman y de cielo abierto, una de las principales desventajas de este tipo de hornos es que con el pasar de los años presentan pérdidas térmicas debido a la aparición de grietas en sus paredes, ralentizando el proceso de quemado y generando roturas en el producto (Universidad de Pamplona, 2018). La solución que se plantea es la aplicación de una mezcla de barro y melaza en las paredes de los hornos, de manera que los refuercen y sellen las fugas térmicas que tengan, este mantenimiento debe realizarse cada vez que los hornos sean descargados, de manera que aumenten su vida útil. Por otro lado, aquellas paredes que se noten muy desgastadas se deben tumbar y construir nuevamente.

**Figura 97. Pared de horno en estado precario.**



#### **4.2.6 Falta de planificación de mantenimiento preventivo**

Esta recomendación se origina debido a la necesidad de incrementar la disponibilidad de los equipos utilizados en el área de producción, teniendo como objetivo principal diseñar una planificación que permita organizar las tareas de mantenimiento de acuerdo con la prioridad asignada a cada máquina, asegurando así el incremento de su vida útil y la continuidad del proceso productivo.

Adicionalmente a lo mencionado en el párrafo anterior, garantiza la reducción de tiempo perdido a causa de reparaciones repentinas, permitiendo una notable reducción en los costos generados por concepto de mantenimiento de equipos.

Es importante mencionar que debido a que hasta el momento no se ha trabajado bajo una metodología de prevención, se recomienda iniciar con una planificación básica, que incluye los siguientes pasos:

1. Identificar los equipos o maquinarias involucradas en cada etapa del proceso productivo.
2. Definir las tareas de mantenimiento que requiere cada elemento identificado.
3. Codificar las actividades establecidas de acuerdo con el sistema al que pertenece, el tipo de equipo y una numeración correspondiente al orden de identificación.

**Figura 98. Ejemplo de codificación para línea de producción**

Código	Empresa
PC	Cerámicos Piura
Código	Área de Ubicación de Equipo
01	Área de recepción
02	Área producción
03	Área de secado
04	Área de Quema
05	Área Despacho
Código	Línea o Sección de Operación
LS	Línea Seca
LH	Línea Humedad
código	Cantidad existente
1	Una maquina mismo tipo
2	Dos máquinas mismo tipo

**Nota.** Adaptado de (Gonzales, 2019)

**Figura 99. Codificación aplicada**

Línea de operación	Código	Equipo o maquina
Seca (LS)	TB1	Tolva Bascula alimentadora I
	FM1	Faja transportadora entrada a Molino 18 ton/h
	MT1	Molino tierra 18 ton/h
	FM2	Faja transportadora entrada a Molino 40 ton/h
	MT2	Molino tierra 40 ton/h
	FZ1	Faja transportadora entrada a Zaranda (tamiz)
	ZT1	Zaranda (tamiz) 3mm
	TB2	Tolva bascula alimentador II 18 m3
Húmeda (LH)	FA1	Faja transportadora entrada a Amasadora
	AM1	Amasadora (Misturados) 30 -32 ton/h
	FL1	Faja transportadora entrada a Laminador
	LM1	Laminador 25 ton/h
	FE1	Faja transportadora entrada a Extrusora
	EM1	Extrusora Morando 450 - 30 ton/h
	BV1	Bomba de vacío 240 m3
	CN1	Cortadora neumática JT
	FS1	Faja Sanitaria para salida de ladrillos
	CP1	Compresor 120 galones 175 psi Campbell
	CP2	Compresor 60 galones 120 psi Campbell
CL6	Coche de transportadora para ladrillos húmedos.	

**Nota.** Adaptado de (Gonzales, 2019)

4. Precisar el requerimiento de herramientas, repuestos y materiales necesarios para la realización de las tareas de mantenimiento.
5. Identificar la frecuencia de mantenimiento requerida en horas, el tiempo promedio que toma la ejecución de estas tareas y la prioridad asignada por el área de producción. Así como también, la periodicidad con la que se debe ejecutar una inspección general de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

Teniendo en cuenta que el objetivo es generar una planificación básica de mantenimiento, es fundamental que toda la información recopilada en los pasos anteriores se encuentre organizada en una matriz que permita una identificación adecuada de la actividad a realizar y favorezca su rápida distribución en un horizonte temporal definido.

**Tabla 16. Ejemplo de plan de mantenimiento**

Sistema	Tipo de equipo	Código	Actividad	Tipo de actividad	Repuestos y/o materiales	Frecuencia	Prioridad	Tiempo
LH	Amasadora	AM1	Mantenimiento a motor 20HP rodajes 6309,6209 z.c3	Inspeccionar/cambiar	Grasa EP2	400 h	Alta	2.5 h
LH	Cortadora	CN1	Cambio de conectores de mangueras 10 mm $\emptyset$	Inspeccionar/cambiar	Conectores	500 h	Media	4.6 h
LS	Tolva	TB1	Cambiar faja de caja reductora	Inspeccionar/cambiar	Faja	600 h	Media	1.6 h
LS	Zaranda	ZT1	Cambio de malla metálica 1.3mm agujero 3mm (1/8)	Inspeccionar/cambiar	Malla metálica	1000 h	Baja	4.1 h

## Capítulo 5

### Análisis económico

En el presente capítulo se realizará la evaluación económica de las propuestas desarrolladas en el capítulo anterior, esto se hará con el fin de generar una vía de análisis cuantitativo, tal que a partir de ello los responsables de la empresa Cerámicos Piura SAC, puedan tomar decisión respecto al proyecto que más les convenga.

#### 5.1 Costo de la inversión

Debido a que todas las propuestas que se exponen en esta investigación han sido diseñadas con el objetivo de reducir el tiempo perdido y por lo tanto aumentar la rentabilidad del proceso, todas se consideran inversión. Siendo así, en este apartado se detallará el presupuesto económico requerido para la ejecución de cada alternativa de solución, dividiéndolo en presupuesto de inversión, presupuesto de costo y presupuesto de ingresos. Cabe mencionar que todos los costos directos e indirectos que se mencionarán a continuación han sido calculados para un periodo de 60 días, pues los datos expuestos en la Tabla 10 han sido recopilados en este espacio temporal.

- **Presupuesto de ingresos**

Para realizar el cálculo del presupuesto de ingresos se ha utilizado el valor de los minutos perdidos en la información recopilada en la Tabla 10 y se ha convertido a toneladas, esto para obtener el valor proporcional por tipo de ladrillo de la producción que no pudo ser ejecutada debido a estas paradas, esto se ha realizado teniendo en cuenta la distribución de producción colocada en la Tabla 17. Cabe mencionar que asume que con las propuestas detalladas se solucionarán los problemas detectados al 100%, por lo que se recuperaría el tiempo perdido en su totalidad.

**Tabla 17. Distribución de producción mensual**

	Peso (kg)	Precio x millar
KK18	3.63	250
Tipo IV	4.5	600
Pandereta	2.25	230
Techo 12	7.9	1300
Techo 15	9.4	1500
Pastelero	3.1	1600

Habiendo obtenido esta información se distribuyó en las esto con el objetivo de obtener el valor monetario correspondiente a la producción no ejecutada a causa de cada problema identificado, este valor será utilizado como presupuesto de ingresos de cada propuesta, pues se asume que cada una de ellas los resolverá al 100%. Cabe mencionar que se ha tomado como valor monetario por millar el precio en el que la planta vende a los distribuidores cada tipo de ladrillo en cuestión, este valor no corresponde al precio de mercado pues no se cuenta con venta directa al público.

**Tabla 18. Datos por tipo de ladrillo**

PRODUCTO	TON PROMEDIO AL MES	% PRODUCCION MENSUAL	TON/H
King Kong 18	12326.912	64.39%	30
Tipo IV	678.034	3.54%	25
Pandereta	2010.81	10.50%	24
Techo 12	490.175	2.56%	24
Techo 15	3618	18.90%	25
Pastelero	21.132	0.11%	27

**Tabla 19. Distribución de toneladas y costo por problema - 1**

Problemas identificados	Techo 12	COSTO	Techo 15	COSTO	Pastelero	COSTO
<i>Deficiencias en proceso de secado</i>	35.29	S/ 5,807.54	271.21	S/ 43,277.81	1.74	S/ 898.76
<i>Falta de orden y limpieza</i>	15.47	S/ 2,546.38	118.91	S/ 18,975.66	0.76	S/ 394.07
<i>Deficiencia en el control de información</i>	7.66	S/ 1,260.97	58.89	S/ 9,396.75	0.38	S/ 195.14
<i>Disposición en planta ineficiente</i>	6.84	S/ 1,125.77	52.57	S/ 8,389.24	0.34	S/ 174.22
<i>Merma excesiva de ladrillo cocido</i>	6.73	S/ 1,107.90	51.74	S/ 8,256.08	0.33	S/ 171.46
<i>Falta de planificación de mttto preventivo</i>	6.45	S/ 1,062.05	49.60	S/ 7,914.38	0.32	S/ 164.36

Tabla 20. Distribución de toneladas y costo por problema - 2

Problemas identificados	KK18	COSTO	Tipo IV	COSTO	Pandereta	COSTO
<i>Deficiencias en proceso de secado</i>	1097.95	S/ 75,616.47	51.22	S/ 6,829.90	144.32	S/ 14,752.46
<i>Falta de orden y limpieza</i>	481.41	S/ 33,154.92	22.46	S/ 2,994.65	63.28	S/ 6,468.38
<i>Deficiencia en el control de información</i>	238.39	S/ 16,418.32	11.12	S/ 1,482.95	31.34	S/ 3,203.15
<i>Disposición en planta ineficiente</i>	212.83	S/ 14,657.96	9.93	S/ 1,323.95	27.98	S/ 2,859.71
Merma excesiva de ladrillo cocido	209.46	S/ 14,425.30	9.77	S/ 1,302.94	27.53	S/ 2,814.31
Falta de planificación de mto preventivo	200.79	S/ 13,828.27	9.37	S/ 1,249.01	26.39	S/ 2,697.84

Tabla 21. Presupuesto de ingresos

Problemas identificados	\$ TOTAL X 2 MESES	TOTAL MENSUAL
<i>Deficiencias en proceso de secado</i>	S/ 147,182.95	S/ 73,591.47
<i>Falta de orden y limpieza</i>	S/ 64,534.06	S/ 32,267.03
<i>Deficiencia en el control de información</i>	S/ 31,957.28	S/ 15,978.64
<i>Disposición en planta ineficiente</i>	S/ 28,530.85	S/ 14,265.42
Merma excesiva de ladrillo cocido	S/ 28,077.98	S/ 14,038.99
Falta de planificación de mto preventivo	S/ 26,915.89	S/ 13,457.95

### 5.1.1 Presupuesto económico de implementación de secadero rápido

Para lograr implementar la propuesta de secadero rápido, se ha descrito los activos en los cuales se deben invertir, así como los costos mensuales en los que incurren.

Tabla 22. Presupuesto de inversión - Secadero rápido

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Valor unitario	Cant.	Total
<b>Adquisición de proyecto y equipos</b>	Activo tangible	Proyecto	S/ 365,000.00	1	S/ 365,000.00
<b>Construcción de estructuras</b>	Activo tangible	Proyecto	S/ 240,000.00	1	S/ 240,000.00
<b>Sistema de combustión</b>	Activo tangible	Proyecto	S/ 110,000.00	1	S/ 110,000.00
<b>Construcción de techo metálico</b>	Activo tangible	Proyecto	S/ 50,000.00	1	S/ 50,000.00
<b>Adquisición e instalación de fajas de ingreso</b>	Activo tangible	Proyecto	S/ 8,000.00	2	S/ 16,000.00
<b>Instalación de equipos electromecánicos</b>	Activo tangible	Proyecto	S/ 10,000.00	1	S/ 10,000.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 791,000.00</b>

Tabla 23. Presupuesto de costos - Secadero rápido

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Costo unitario	Cant.	Total
Carbón mineral	Costo directo	ton	S/ 550.00	32	S/ 17,600.00
Energía eléctrica	Costo directo	kWh	S/ 0.19	140400	S/ 26,676.00
Personal operativo	Costo directo	sueldo	S/ 1,500.00	1	S/ 1,500.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 45,776.00</b>

Tabla 24. Flujo de caja 1er año - Secadero rápido

Primer año	Ingresos	Costos	Utilidad bruta
Enero	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Febrero	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Marzo	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Abril	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Mayo	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Junio	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Julio	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Agosto	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Septiembre	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Octubre	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Noviembre	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
Diciembre	S/ 73,591.47	S/ 45,776.00	S/ 27,815.47
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 883,097.67</b>	<b>S/ 549,312.00</b>	<b>S/ 333,785.67</b>

Tabla 25. Depreciación-Secadero rápido

Activo Tangible	Depreciación
Equipos de secado	S/ 24,333.33
Estructuras civiles	S/ 12,000.00
Sistema de combustión	S/ 11,000.00
Techo metálico	S/ 3,333.33
Fajas de ingreso	S/ 3,200.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 53,866.67</b>

### 5.1.2 Presupuesto económico de implementación de metodología 5'S

Para la aplicación de la metodología 5S, es necesario realizar una inversión que garantice el éxito de la técnica. Esta se detallará a continuación:

**Tabla 26. Presupuesto de inversión - Metodología 5'S**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Valor unit.	Cant.	Total
Curso "5S: Orden y Disciplina"	Activo Intangible	Unidad	S/ 1,100.00	7	S/ 7,700.00
Carretilla	Activo Tangible	Unidad	S/ 219.90	20	S/ 4,398.00
Escobillones	Activo Tangible	Unidad	S/ 14.90	25	S/ 372.50
Pala	Activo Tangible	Unidad	S/ 39.90	15	S/ 598.50
Señaléticas	Activo Tangible	Unidad	S/ 20.00	230	S/ 4,600.00
Extintores	Activo Tangible	Unidad	S/ 40.90	35	S/ 1,431.50
Estantes metálicos	Activo Tangible	Unidad	S/ 199.90	20	S/ 3,998.00
Papelera	Activo Tangible	Unidad	S/ 29.90	15	S/ 448.50
Pizarra acrílica	Activo Tangible	Unidad	S/ 34.90	5	S/ 174.50
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 23,721.50</b>

Debido a que se buscaba obtener el costo más preciso, se incluyó el salario del personal de manera proporcional a las tareas que iban a realizar relacionadas con 5'S.

**Tabla 27. Presupuesto de costos - Metodología 5'S**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidad	Total
<b>Jefe de producción</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 1,540.00	1	S/ 1,540.00
<b>Supervisor de producción</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 700.00	2	S/ 1,400.00
<b>Supervisor 5S</b>	Costo Directo	Unidad	S/2,500.00	2	S/ 5,000.00
<b>Operario de producción capacitado</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 1,600.00	4	S/ 6,400.00
<b>Operario de producción</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 130.01	104	S/ 13,521.30
<b>Carretilla</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 219.90	3	S/ 659.70
<b>Escobillones</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 14.90	15	S/ 223.50
<b>Pala</b>	Costo Directo	Unidad	S/ 39.90	5	S/ 199.50
<b>Materiales de oficina</b>	Costo	-	-	-	S/ 1,000.00
	Indirecto				
<b>Servicio (luz, agua, internet)</b>	Costo	-	-	-	S/ 500.00
	Indirecto				
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 30,444.00</b>

**Tabla 28. Flujo de caja 1er año – Metodología 5'S**

Primer año	Ingresos	Costos	Utilidad bruta
Enero	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Febrero	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Marzo	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Abril	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Mayo	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Junio	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Julio	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Agosto	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Septiembre	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Octubre	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Noviembre	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
Diciembre	S/ 32,267.03	S/ 30,444.00	S/ 1,823.03
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 387,204.36</b>	<b>S/ 365,328.00</b>	<b>S/ 21,876.36</b>

**Tabla 29. Depreciación – Metodología 5'S**

Activo Tangible	Depreciación
Señaléticas	S/ 920.00
Extintores	S/ 286.30
Estantes metálicos	S/ 799.60
Papelera	S/ 89.70
Pizarra acrílica	S/ 34.90
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 2,130.50</b>

### 5.1.3 Presupuesto económico de mejoramiento de los procesos de información

A continuación, se muestra el cálculo de los presupuestos de inversión y costos relacionados con la ejecución de esta alternativa de solución.

**Tabla 30. Presupuesto de inversión - Procesos de información**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Valor unitario	Cantidad	Total
Especialista informático	Activo Intangible	Sueldo	S/ 2,500.00	1	S/ 2,500.00
Computadora	Activo Tangible	Unidad	S/ 3,500.00	2	S/ 7,000.00
Escritorio de oficina	Activo Tangible	Unidad	S/ 232.50	2	S/ 465.00
Sillas	Activo Tangible	Unidad	S/ 21.90	4	S/ 87.60
Impresora Multifuncional	Activo Tangible	Unidad	S/ 1,500.00	2	S/ 3,000.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 13,052.60</b>

**Tabla 31. Presupuesto de costos - Procesos de información**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Costo unitario	Cant.	Total
Supervisor de producción	Costo Directo	Sueldo	S/ 700.00	2	S/ 1,400.00
Supervisor de quemado	Costo Directo	Sueldo	S/ 700.00	1	S/ 700.00
Asistente producción	Costo Directo	Sueldo	S/ 800.00	1	S/ 800.00
Controlador de cocido	Costo Directo	Sueldo	S/ 975.00	3	S/ 2,925.00
Controlador de secado	Costo Directo	Sueldo	S/ 825.00	2	S/ 1,650.00
Operario de producción	Costo Directo	Sueldo	S/ 325.00	10	S/ 3,250.00
Operarios de C. Frontal	Costo Directo	Sueldo	S/ 450.00	3	S/ 1,350.00
Materiales de oficina	Indirecto	-	-	-	S/ 2,000.00
Servicio (luz, agua, internet)	Indirecto	-	-	-	S/ 1,100.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/15,175.00</b>

**Tabla 32. Flujo de caja 1er año – Procesos de información**

Primer año	Ingresos	Costos	Utilidad bruta
Enero	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Febrero	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Marzo	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Abril	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Mayo	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Junio	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Julio	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Agosto	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Septiembre	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Octubre	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Noviembre	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
Diciembre	S/ 15,978.64	S/ 15,175.00	S/ 803.64
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 191,743.70</b>	<b>S/ 182,100.00</b>	<b>S/ 9,643.70</b>

**Tabla 33. Depreciación-Procesos de información**

Activo Tangible	Depreciación
Computadora	S/ 1,400.00
Escritorio de oficina	S/ 93.00
Sillas	S/ 17.52
Impresora Multifuncional	S/ 600.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 2,110.52</b>

### 5.1.4 Presupuesto económico de rediseño de la disposición en planta

Para realizar el cálculo de los presupuestos de esta alternativa de solución se han tomado en cuenta solo las áreas de planta que requieren ser reubicadas según la Figura 94.

**Tabla 34. Presupuesto de inversión - Disposición en planta**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Valor unitario	Cantidad	Total
Construcción de dormitorios	Activo Tangible	m2	S/ 95.00	75.6	S/ 7,182.00
Construcción de SSHH	Activo Tangible	m2	S/ 105.00	14	S/ 1,470.00
Construcción de comedor	Activo Tangible	m2	S/105.00	42	S/ 4,410.00
Contenedores habilitados para oficinas	Activo Tangible	m2	S/ 95.00	43.4	S/ 4,123.00
Construcción de almacén de materiales	Activo Tangible	m2	S/ 95.00	30.8	S/ 2,926.00
Construcción techo dormitorios	Activo Tangible	m2	S/150.00	110	S/ 16,500.00
Construcción techo SSHH	Activo Tangible	m2	S/150.00	6	S/ 900.00
Construcción techo comedor	Activo Tangible	m2	S/150.00	50	S/ 7,500.00
Contenedores techos habilitados para oficinas	Activo Tangible	m2	S/100.00	58	S/ 5,800.00
Construcción techo almacén de materiales	Activo Tangible	m2	S/ 150.00	30	S/ 4,500.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 55,311.00</b>

**Tabla 35. Presupuesto de costos - Disposición en planta**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Costo unitario	Cantidad	Total
Jefe de Proyectos	Costo Directo	Unidad	S/ 3,500.00	1	S/3,500.00
Agua	Costo Directo	m3	S/ 7.24	100	S/ 724.00
Energía eléctrica	Costo Directo	kWh	S/ 0.19	3000	S/ 570.00
Servicio de limpieza	Costo Directo	m2	S/ 20.00	254	S/5,080.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 9,874.00</b>

**Tabla 36. Flujo de caja 1er año - Disposición en planta**

Primer año	Ingresos	Costos	Utilidad bruta
Enero	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Febrero	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Marzo	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Abril	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Mayo	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Junio	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Julio	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Agosto	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Septiembre	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Octubre	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Noviembre	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
Diciembre	S/ 14,265.42	S/ 9,874.00	S/ 4,391.42
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 171,185.09</b>	<b>S/118,488.00</b>	<b>S/ 52,697.09</b>

**Tabla 37. Depreciación - Disposición en planta**

Activo Tangible	Depreciación
Construcción de dormitorios	S/ 1,184.10
Construcción de SSHH	S/ 118.50
Construcción de comedor	S/ 595.50
Contenedores habilitados para oficinas	S/ 496.15
Construcción de almacén de materiales	S/ 371.30
<b>TOTAL</b>	<b>S/2,765.55</b>

### 5.1.5 Presupuesto económico para reducción de merma de ladrillo cocido

Para la obtención de estos presupuestos se han incluido las inversiones y costos mensuales de las dos alternativas de solución propuestas en el apartado 4.2.5.

**Tabla 38. Presupuesto de inversión - Merma de ladrillo cocido**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Precio unitario	Cant.	Precio total
Termocupla tipo k	Activo Tangible	Unidad	S/ 110.00	24	S/ 2,640.00
Controlador led	Activo Tangible	Unidad	S/ 110.00	24	S/ 2,640.00
Relé + disipador	Activo Tangible	Unidad	S/ 65.00	24	S/ 1,560.00
Niple metálico	Activo Tangible	Unidad	S/ 5.90	24	S/ 141.60
Instalación de termocuplas	Activo Tangible	Unidad	S/ 1,800.00	1	S/ 1,800.00
Carretilla	Activo Tangible	Unidad	S/ 219.90	6	S/ 1,319.40
Pala	Activo Tangible	Unidad	S/ 39.90	6	S/ 239.40
<b>TOTAL</b>					<b>S/10,340.40</b>

**Tabla 39. Presupuesto de costos - Merma de ladrillo cocido**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Melaza	Costo Directo	Unidad	S/ 37.50	100	S/ 3,750.00
Agua	Costo Directo	m3	S/ 8.00	120	S/ 960.00
Carretilla	Costo Directo	Unidad	S/ 219.90	1	S/ 219.90
Pala	Costo Directo	Unidad	S/ 39.90	3	S/ 119.70
EPPS	Costo Directo	Unidad	S/ 40.00	5	S/ 200.00
Auxiliar de hornos	Costo Directo	Sueldo	S/ 1,200.00	6	S/ 7,200.00
Controlador de cocido	Costo Directo	Sueldo	S/ 500.00	2	S/ 1,000.00
<b>Total</b>					<b>S/ 3,360.00</b>

**Tabla 40. Flujo de caja - Merma de ladrillo cocido**

Primer año	Ingresos	Costos	Utilidad bruta
Enero	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Febrero	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Marzo	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Abril	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Mayo	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Junio	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Julio	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Agosto	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Septiembre	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Octubre	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Noviembre	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
Diciembre	S/ 14,038.99	S/ 13,449.60	S/ 589.39
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 168,467.86</b>	<b>S/ 161,395.19</b>	<b>S/ 7,072.68</b>

**Tabla 41. Depreciación - Merma de ladrillo cocido**

Activo Tangible	Depreciación
Termocupla tipo k	S/ 528.00
Controlador led	S/ 528.00
Relé + disipador	S/ 312.00
Niple metálico	S/ 28.32
Carretilla	S/ 263.88
Pala	S/ 47.88
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 1,708.08</b>

### 5.1.6 Presupuesto económico para planificación de mantenimiento preventivo

Para implementar esta alternativa de solución, se muestra en la Tabla 42 y Tabla 43, el cálculo de la inversión y de los costos mensuales en los cuales se incurrirá, respectivamente.

**Tabla 42. Presupuesto de inversión - Mantenimiento preventivo**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Curso "Planificación y programación del mantenimiento"	Activo Intangible	Unidad	S/ 1,000.00	3	S/ 3,000.00
Computadora	Activo Tangible	Unidad	S/ 3,500.00	3	S/ 10,500.00
Escritorio de oficina	Activo Tangible	Unidad	S/ 232.50	3	S/ 697.50
Sillas	Activo Tangible	Unidad	S/ 21.90	8	S/ 175.20
Señaléticas	Activo Tangible	Unidad	S/ 20.00	50	S/ 1,000.00
Estantes metálicos	Activo Tangible	Unidad	S/ 199.90	10	S/ 1,999.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 17,371.70</b>

**Tabla 43. Presupuesto de costo - Mantenimiento preventivo**

Descripción	Tipo	Unidad de medida	Precio unitario	Cantidad	Precio total
Jefe de Mantenimiento	Costo Directo	Unidad	S/ 1,040.00	1	S/ 1,040.00
Planner de Mantenimiento	Costo Directo	Unidad	S/ 3,000.00	2	S/ 6,000.00
Técnico de mantenimiento	Costo Directo	Unidad	S/ 360.00	10	S/ 3,600.00
Materiales de oficina	Costo Indirecto	-	-	-	S/ 700.00
Servicio (luz, agua, internet)	Costo Indirecto	-	-	-	S/ 700.00
<b>TOTAL</b>					<b>S/ 2,040.00</b>

**Tabla 44. Flujo de caja - Mantenimiento preventivo**

<b>Primer año</b>	<b>Ingresos</b>	<b>Costos</b>	<b>Utilidad bruta</b>
<b>Enero</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Febrero</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Marzo</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Abril</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Mayo</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Junio</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Julio</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Agosto</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Septiembre</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Octubre</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Noviembre</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>Diciembre</b>	S/ 13,457.95	S/ 12,040.00	S/ 1,417.95
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 161,495.37</b>	<b>S/144,480.00</b>	<b>S/ 17,015.37</b>

**Tabla 45. Depreciación - Mantenimiento preventivo**

<b>Activo Tangible</b>	<b>Depreciación</b>
Computadora	S/ 2,100.00
Escritorio de oficina	S/ 139.50
Sillas	S/ 35.04
Señaléticas	S/ 200.00
Estantes metálicos	S/ 399.80
<b>TOTAL</b>	<b>S/ 1,708.08</b>

## 5.2 Evaluación de propuestas

De acuerdo con el análisis financiero realizado a cada alternativa de solución, se han obtenido los parámetros financieros mostrados en la Tabla 46. Estos valores junto con las características cualitativas de cada proyecto permitirán orientar la elección de la propuesta más funcional para la empresa.

Cabe indicar que las alternativas de mejora presentadas anteriormente se han analizado como proyectos independientes entre sí, sin restricción de fondos para invertir, por lo que se pueden ejecutar en paralelo.

**Tabla 46. Evaluación económica**

Proyecto	Tasa de descuento	VAN	TIR	Periodo de recuperación
Secadero rápido	15%	S/ 163,335.09	22.99%	3 años
Disposición en planta	15%	S/ 90,122.93	69.17%	2 años
Metodología 5'S	15%	S/ 42,017.00	71.33%	2 años
Mantenimiento preventivo	15%	S/ 33,022.64	76.33%	2 años
Procesos de información	15%	S/ 17,377.57	58.72%	2 años
Merma de ladrillo cocido	15%	S/ 12,522.34	54.89%	2 años

De acuerdo con la Tabla 46, todos los proyectos muestran un VAN mayor a 0, y una TIR mayor a la tasa de descuento (15%), por lo que cualquiera de ellos se podría llevar a cabo generando rentabilidad a la empresa y un retorno de la inversión favorable.

Dentro de ellas la que mayor ganancia generaría es el proyecto de implementación de secadero rápido, la cual solucionaría las deficiencias en el proceso de secado, seguido del rediseño de disposición en planta y la implementación de la metodología 5S. Sin embargo, se deja a criterio de la empresa la elección cualitativa de las alternativas de solución planteadas, tal que puedan seleccionar la propuesta que vaya más alineada con su visión, misión y objetivos planteados.



## Conclusiones

Por medio de las metodologías KAISEN y Pareto se logró identificar y determinar los problemas y riesgos claves para el proceso productivo. Esto permitió realizar un estudio detallado de cada problema, con el objetivo de determinar la causa raíz que lo genera a través del método de Ishikawa. Los problemas claves identificados son: deficiencias en el proceso de secado, falta de orden y limpieza, deficiencia en el control de información, disposición de planta ineficiente, merma excesiva de ladrillo cocido y falta de planificación de mantenimiento preventivo.

La implementación de un secadero rápido permitirá solucionar las deficiencias en el proceso de secado, pues se logrará controlar parámetros como la temperatura, humedad relativa y flujo de aire, imposibles de manejar a través de un secado natural. También se evitará la exposición del producto crudo a posibles eventos climatológicos, se disminuirá el contacto físico entre hombre-producto y se reducirá el tiempo de secado de 5 días a 2.5 horas aproximadamente.

La implementación de un secadero rápido aseguraría el control total de los parámetros en el proceso de secado, con ello no solo se reduciría la merma de producción, sino también mejoraría el acabado externo en las caras de los ladrillos, incrementando el valor estético de los mismos.

El rediseño del layout de la planta de producción, permitirá generar un flujo de recorrido acorde con la línea de producción, evitando recorridos innecesarios que luego se transforman en pérdida de tiempo y productividad. Además, la opción elegida permite que la reestructuración sea la mínima posible, para evitar gastos mayores.

La implementación de la metodología 5S, permitirá promover una cultura de orden y limpieza en todos los niveles organizativos de la empresa, lo cual implica involucrar y organizar las diferentes áreas de trabajo siguiendo este método, con el objetivo de acelerar el proceso productivo y evitar la acumulación de desperdicios.

Concluimos que es muy importante iniciar con el control de temperaturas en el proceso de cocción de ladrillo, pues esto no solo les permitirá reducir la merma generada sino también reducir su costo de insumos de combustión y controlar las emisiones de gases resultantes para generar un proceso amigable con el medio ambiente.

El diseño y ejecución de un programa de mantenimiento preventivo permitirá gestionar de mejor manera los recursos del área de mantenimiento, asegurando un incremento significativo en el volumen de producción y en la vida útil de los equipos utilizados, mediante la eliminación de tiempo perdido a causa de mantenimiento correctivo.

El proyecto de procesos de información permitirá tener una mejor manera de recolectar y mostrar datos de producción, para así generar indicadores que muestren el funcionamiento real del proceso productivo. También será clave para la toma de decisiones operacionales y gerenciales con data sustentada.



## **Recomendaciones**

Se recomienda capacitar a toda el área productiva en la metodología 5S, para generar conciencia de la importancia y los beneficios de su implementación en el proceso productivo. Esto con la finalidad de involucrar tanto a altos mandos como a operarios, en las diferentes etapas de ejecución y no solamente en el apoyo puntual de una de ellas.

Se sugiere crear un mecanismo de control y seguimiento, luego de la implementación de alguna de las propuestas planteadas, con la finalidad de realizar comparativas de crecimiento y tomar acciones correspondientes ante posibles problemas futuros.

Se recomienda la implementación de reuniones semanales entre las jefaturas de área, con la finalidad de recopilar información de sus procesos, identificar potenciales problemas y plantear soluciones. De igual manera, esta práctica se debe trasladar entre operarios y jefes, con el objetivo de recoger inquietudes y sugerencias.

Se recomienda la implementación de programas que permitan mejorar la recopilación de datos y la generación de reportes, tales como SAP o Power BI, esto con el objetivo de mejorar la presentación de indicadores y su posterior análisis.

Se sugiere la puesta en marcha de sistemas de control de producción más exactos, tales como sensores de conteo, que les permitan obtener un conteo preciso del volumen producido y les brinde mayor exactitud en relación al consumo de sus recursos.



## Referencias Bibliográficas

- Altamirano Príncipe, J. A., Bullon Westreicher, O. D., Cajacuri Carbonero, K., Chiok Meza, F. A., & Salvatierra Arias, J. (2017). *LADRILLOS ECOLÓGICOS CON MATERIAL RECICLADO PET*. Trabajo de Investigación para optar el Grado Académico de Bachiller, Lima.
- Ambiente-Perú, M. d. (23 de septiembre de 2013). *AmbienTV - Los Ladrillos de San Gerónimo(1) [Archivo de Vídeo]*. Obtenido de Youtube: [https://www.youtube.com/watch?v=SBMuCoKyY\\_8](https://www.youtube.com/watch?v=SBMuCoKyY_8)
- Anderson, T. (20 de Noviembre de 2017). *eHow*. Obtenido de [https://www.ehowenespanol.com/tipos-arenas-mas-usadas-construccion-ladrillos-info\\_271865/](https://www.ehowenespanol.com/tipos-arenas-mas-usadas-construccion-ladrillos-info_271865/)
- Baena, A. B. (2017). *Balance de materias primas*. Obtenido de [http://www.xprttraining.com/proyectos\\_inversion/balance\\_materias\\_primas.html](http://www.xprttraining.com/proyectos_inversion/balance_materias_primas.html)
- Barranzuela Lescano, J. E. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la Región Piura*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil, Piura.
- Barrenzuela Lescano, J. (2014). *Proceso productivo de los ladrillos de arcilla producidos en la región Piura*. Tesis de pregrado en Ingeniería Civil, Universidad de Piura, Piura.
- Bayona Aponte, J. M., Gonzales Chiroque, D. F., Saavedra Benites, L. d., Sosa Marchán, J. F., & Viera Guerrero, L. M. (2020). *Diseño de una planta de producción de envases biodegradables a base de almidón de papa en la provincia de Piura*. Trabajo de Investigación para optar el Grado de Bachiller en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Piura.
- Bohigues, M. S. (07 de febrero de 2016). *Arquitectura y empresa*. Obtenido de <https://arquitecturayempresa.es/noticia/ladrillos-pet-avances-en-la-construccion-ecologica>
- CICER. (20 de Abril de 2019). *Evolución Ladrillo*. Obtenido de ¿Qué sabés del ladrillo hueco?: <https://www.evolucionladrillo.com/que-sabes-del-ladrillo-hueco/27/La-evolucion-del-ladrillo-a-lo-largo-de-la-historia>
- Compañía Minera Luren. (2021). *Mineraluren.com*. Obtenido de <http://www.mineraluren.com/KingKong11H.html>

- Cortés Martínez, F., Treviño Cansino, A., Sáenz López, A., & Ávila Garza, C. M. (abril de 2015). Balance de masa de procesos industriales para aguas de desecho. *Revista de Arquitectura e Ingeniería*, 9(1), 1-13.
- Curiosfera Historia. (15 de Julio de 2020). *Historia del Ladrillo - Origen y evolución*. Obtenido de <https://curiosfera-historia.com/historia-ladrillo-inventor-origen/>
- El Pilón. (6 de octubre de 2019). *El Pilón*. Obtenido de <https://elpilon.com.co/inundaciones-en-las-casitas-afectaron-las-ladrilleras-artesanales/>
- El Tiempo. (15 de Septiembre de 2018). *Instituto Peruano de Economía*. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/piura-entre-las-cinco-regiones-con-viviendas-de-calidad-inadecuada/>
- El Tiempo. (26 de Marzo de 2019). *Instituto Peruano de Economía*. Obtenido de <https://www.ipe.org.pe/portal/piura-el-crecimiento-anual-supera-al-promedio-nacional/>
- ElectroPro, E. (2017). *Termocupla Tipo K de 20cm de longitud 0-400°C*. Piura.
- Emarq. (03 de marzo de 2021). *Emarq*. Obtenido de <https://www.emarq.net/blog/bloques-de-hormigon>
- Fábrica de Ladrillos Ag Tecno-3. (2017). *Ladrillostecno3.com*. Obtenido de <https://www.ladrillostecno3.com/tecnologia/6-moldeado-fabrica-de-ladrillos-ag-tecno-3/>
- GeologiaWeb. (28 de Abril de 2021). *GeologiaWeb*. Obtenido de <https://geologiaweb.com/materiales/ladrillo/>
- Golfo, M. D. (9 de octubre de 2019). *MN Del Golfo*. Obtenido de <https://www.mndelgolfo.com/blog/reportaje/tipos-de-ladrillos-y-sus-usos/>
- Gonzales, L. E. (2019). *Aplicación de un plan de mantenimiento preventivo para mejorar la productividad en el proceso de fabricación de ladrillos cerámicos en la empresa cerámicos Piura S.A.C, Piura 2019*. Piura.
- Gutiérrez Mosquera, L. F., Arias Giraldo, S., Garzón Jiménez, D., Martínez Pantoja, D. F., Osorio Alturo, A., & Restrepo López, S. (12 de Mayo de 2015). *Revistas Científicas*. Obtenido de [http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector6\\_13.pdf](http://vip.ucaldas.edu.co/vector/downloads/Vector6_13.pdf)
- Honra2. (2020). *Historia y evolución del ladrillo*. Obtenido de <https://www.honra2.com/blog/la-historia-del-ladrillo>
- Huamaní, G. P. (2020). *Tipo de ladrillos en el mercado*. Obtenido de [https://issuu.com/briela1706/docs/informe\\_ladrillos\\_en\\_el\\_mercado.docx](https://issuu.com/briela1706/docs/informe_ladrillos_en_el_mercado.docx)
- Indecopi. (1978). *NTP 331.017*. Lima.
- Ingeniería Real. (30 de Junio de 2021). *Ingeniería Real*. Obtenido de <https://ingenieriareal.com/construir-ladrillos-bloques-concreto/>

- Instituto Nacional de Tecnología. (2016). *Manual de sistemas de secado en la industria del ladrillo*. Rio de Janeiro.
- Jeison. (12 de junio de 2018). *Blog de la calidad*. Obtenido de <https://blogdelacalidad.com/diagrama-de-ishikawa/>
- KAIZEN INSTITUTE. (2020). *KAIZEN INSTITUTE*. Obtenido de <https://es.kaizen.com/evolucion-de-kaizen.html>
- Lama, F. M. (2017). *Métodos de optimización de procesos*. Piura.
- Made-in-china. (17 de Mayo de 2022). *Made-in-china*. Obtenido de [https://pt.made-in-china.com/co\\_ibrick/product\\_Short-Drying-Period-Green-Brick-Dryer-Chamber\\_honiesguy.html](https://pt.made-in-china.com/co_ibrick/product_Short-Drying-Period-Green-Brick-Dryer-Chamber_honiesguy.html)
- Mannise, R. (18 de agosto de 2019). *Ecocosas*. Obtenido de <https://ecocosas.com/construccion/el-adobe/>
- María J. (14 de Enero de 2021). *Homify*. Obtenido de [https://www.homify.es/libros\\_de\\_ideas/5440757/las-dimensiones-minimas-de-un-bano](https://www.homify.es/libros_de_ideas/5440757/las-dimensiones-minimas-de-un-bano)
- MILL INDUSTRIAS. (2021). *MILL INDUSTRIAS*. Obtenido de <https://www.mill.com.br/camaras-de-secado-estaticas/>
- minerales, R. y. (3 de septiembre de 2018). *Rocas y minerales*. Obtenido de <https://www.rocasyminales.net/ladrillo/>
- Ministerio de Salud. (1981). *Normas para el establecimiento y funcionamiento de servicios de alimentación colectiva (R.S. Nº 0019-81-SA/DVM)*. Lima. Obtenido de <https://www.gob.pe/institucion/minsa/informes-publicaciones/321067-normas-para-el-establecimiento-y-funcionamiento-de-servicios-de-alimentacion-colectiva-r-s-n-0019-81-sa-dvm>
- Muñoz, V. M.-N., & Zagal Muñoz, K. J. (2013). *Diseño de una fábrica de conservas de escabeche y salpicón de pollo*. Tesis de licenciatura en Ingeniería Industrial y de Sistemas, Universidad de Piura. Facultad de Ingeniería. Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas., Piura.
- NATREB. (2022). *NATREB*. Obtenido de <https://natreb.com/produtos/secador-rapido-de-taliscas-nts/?lang=es>
- Navarro, S. (18 de mayo de 2014). *cdp School Innovación en Dirección de Proyectos*. Obtenido de <https://www.cursodireccionproyectos.com/2014/05/el-poder-de-ishikawa/>
- Panamericana Televisión Piura. (16 de Junio de 2020). *La Hora*. Obtenido de <https://lahora.pe/piura-ocupa-primer-lugar-en-construccion-segun-el-inei/>
- Perú Construye. (14 de Noviembre de 2019). *PerúConstruye*. Obtenido de <https://peruconstruye.net/2019/11/14/mercado-del-ladrillo-una-lucha-imparable-contra-la-informalidad/>

- Pintado, K. P. (2015). *Políticas y valores internos Cerámicos Piura S.A.C.* Piura.
- PrevenControl. (12 de febrero de 2014). *PrevenControl*. Obtenido de <https://prevencontrol.com/prevenblog/las-7-mudas/>
- Progressa Lean. (16 de septiembre de 2014). *Progressa Lean*. Obtenido de <https://www.progressalean.com/diagrama-causa-efecto-diagrama-ishikawa/>
- PURA, A. (11 de julio de 2018). *ARQUITECTURA PURA*. Obtenido de <https://www.arquitecturapura.com/ladrillo/>
- Revista Constructivo. (28 de mayo de 2018). *Constructivo.com*. Obtenido de <https://constructivo.com/novedad/ladrillo-silico-calcareos-king-kong-11h-1527541683>
- Rosso, J., & Gariglio, A. (2016). *Guía de Buenas Prácticas de Implementación de "5S"*. San Martín: INTI.
- Salirrosas, L. (25 de Mayo de 2021). *Infomercado*. Obtenido de <https://infomercado.pe/inei-sector-construccion-genera-mas-de-un-millon-de-empleos-al-ano/>
- SI-Machine. (15 de agosto de 2011). *SI-Machine*. Obtenido de [https://es.sl-machine.com/blog/la-diferencia-entre-bloque-de-concreto-y-ladrillo-de-arcilla\\_b4](https://es.sl-machine.com/blog/la-diferencia-entre-bloque-de-concreto-y-ladrillo-de-arcilla_b4)
- Sule, D. R. (2001). *Instalaciones de Manufactura* (2 ed.). México.
- Suquilanda Gamboa, F. A. (2019). *Clasificación estructural de los ladrillos de arcilla cocida artesanal y semindustrial según Reglamento E- 070 de Albañilería- Lima 2018*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniería Civil, Lima.
- Universidad de Pamplona. (2018). CURVA DE COCCIÓN DE LA ARCILLA EN LA LADRILLERA EL RECREO. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*.
- ZEN EMPRESARIAL. (5 de Diciembre de 2009). *ZEN EN LA ORGANIZACIÓN*. Obtenido de <https://zenempresarial.wordpress.com/2009/12/05/pasos-previos-a-la-implantacion-de-las-5-s%C2%B4s/>

Apéndices





### Apéndice A Reporte de stock de materia prima (Arcillas y mezclas)

#### Stock de arcillas:

Tipo de Arcilla	Stock (m <sup>3</sup> )	Stock según Contabilidad (m <sup>3</sup> )
Arcilla Amarilla	2170.96 m <sup>3</sup>	2390.46 m <sup>3</sup>
Arcilla Verde	1424.30 m <sup>3</sup>	1383.80 m <sup>3</sup>
Arcilla Roja	4909.30 m <sup>3</sup>	4865.80 m <sup>3</sup>
Arcilla Blanca	1784.00 m <sup>3</sup>	1784.00 m <sup>3</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>10,288.56 m<sup>3</sup></b>	<b>10,424.06 m<sup>3</sup></b>

#### Stock de mezclas:

Tipo de ladrillo	Composición					Stock (m <sup>3</sup> )	Stock (ton)
	A. Amarilla	A. Roja	A. Verde	Merma de producción	Zaranda		
KK18/ Tipo IV	33.33%	33.33%	-	16.67%	16.67%	51 m <sup>3</sup>	69.1 ton
Techo 15/ 12	28.57%	28.57%	28.57%	14.29%	-	185 m <sup>3</sup>	253.5 ton
Techo 15 para secadero	50.00%	33.33%	-	16.67%	-	144 m <sup>3</sup>	197.4 ton
Pandereta	50.00%	16.67%	16.67%	16.67%	-	0 m <sup>3</sup>	0 ton
<b>TOTAL</b>						<b>380.0 m<sup>3</sup></b>	<b>520.0 ton</b>

#### Mezclas realizadas:

Tipo de ladrillo	Composición					Cantidad (m <sup>3</sup> )	Cantidad (ton)
	A. Amarilla	A. Roja	A. Verde	Merma de producción	Zaranda		
KK18/ Tipo IV	33.33%	33.33%	-	16.67%	16.67%	108 m <sup>3</sup>	148.0 ton
Techo 15/12	28.57%	28.57%	28.57%	14.29%	-	0 m <sup>3</sup>	0 ton
Pandereta	50.00%	16.67%	16.67%	16.67%	-	0 m <sup>3</sup>	0 ton
<b>TOTAL</b>						<b>108 m<sup>3</sup></b>	<b>148.0 ton</b>

## Apéndice B Reporte de operación diaria de cargador frontal



### FORMATO DE CONTROL DE CARGADOR FRONTAL

Nombre:

Fecha:

Tipo de ladrillo producido:

Turno: Día/Tarde/Noche

N° de cucharones en producción: \_\_\_\_\_cuch / \_\_\_\_\_cuch (prox. Turno)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60

#### Control de combustible:

Combustible inicial:	gal	Horómetro inicial:	
Combustible final:	gal	Horómetro final:	
Combustible abastecido:	gal		

#### Control de mezclas:

Tipo de ladrillo						Tipo de ladrillo						Tipo de ladrillo					
N° de mezcla	1	2	3	4	5	N° de mezcla	1	2	3	4	5	N° de mezcla	1	2	3	4	5
	6	7	8	9	10		6	7	8	9	10		6	7	8	9	10
	11	12	13	14	15		11	12	13	14	15		11	12	13	14	15
	16	17	18	19	20		16	17	18	19	20		16	17	18	19	20
Formula	Amarilla: Limo: Verde: Roja: Merma:					Formula	Amarilla: Limo: Verde: Roja: Merma:					Formula	Amarilla: Limo: Verde: Roja: Merma:				

Actividades realizadas	N° de veces	Observaciones
Limpieza de pampa		
Limpieza Jr. La Unión		
Limpieza de hornos		
Traslado de guano		
Movimiento de guano		
Traslado de carbón		
Movimiento de carbón		
Limpieza merma de producción		
Limpieza de zaranda		
Descargar carbón		

Observaciones/Requerimientos:

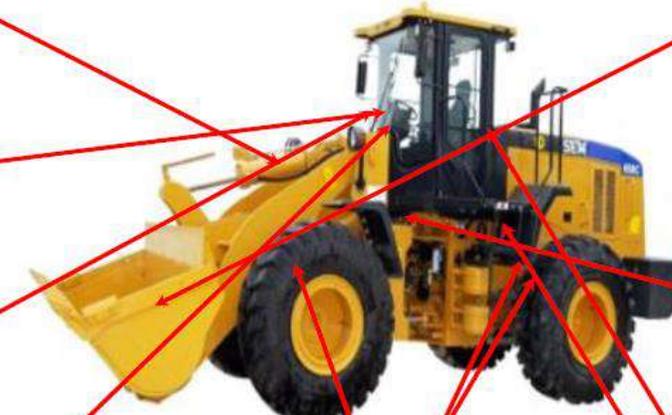
Apéndice C Reporte de mantenimiento preventivo de cargador frontal

	<b>REPORTE DIARIO DE CARGADOR</b>		
	Fecha: (dd/mm/aa)	Pagina	Versión
Pr-01-015	27/04/2022	1/1	01
Fecha: _____	Operario 1: _____	H. Inicio: _____	H. Final: _____
Nombre del operador: _____		Horometro del último mtto: _____	

**LISTA DE CHEQUEO CARGADOR**

<b>SIST. HIDRAULICO</b>	
1. Nivel de aceite hidraulico	<input type="checkbox"/>
2. Fugas de aceite	<input type="checkbox"/>
3. Estado de las mangueras	<input type="checkbox"/>
4. Sellos de los gatos	<input type="checkbox"/>
<b>SIST. ELECTRICO</b>	
5. Estado de las baterias	<input type="checkbox"/>
6. Alarma de retroceso	<input type="checkbox"/>
7. Pito	<input type="checkbox"/>
8. Luces delantera y trasera	<input type="checkbox"/>
<b>PANEL DE CONTROL</b>	
9. Presion de aceite de motor	<input type="checkbox"/>
10. Temperatura del motor	<input type="checkbox"/>
11. Nivel de combustible	<input type="checkbox"/>
12. Sistema	<input type="checkbox"/>
<b>MANDOS DE CONTROL</b>	
13. Refrigerante del motor	<input type="checkbox"/>
14. Temperatura del aceite de la transmision	<input type="checkbox"/>
15. Temperatura del refrigerante	<input type="checkbox"/>
16. Indicador del filtro de aire	<input type="checkbox"/>
17. Presión del aceite del motor	<input type="checkbox"/>
18. Sistema de carga	<input type="checkbox"/>
19. Separador de agua del combustible	<input type="checkbox"/>
20. Nivel de aceite del motor	<input type="checkbox"/>
<b>SIST. COMBUSTION</b>	
21. Filtro 1	<input type="checkbox"/>
22. Filtro 2	<input type="checkbox"/>
23. Freno de estacionamiento	<input type="checkbox"/>
<b>EJES TRASEROS Y DELANTEROS</b>	
24. Estados de las llantas	<input type="checkbox"/>
25. Tornillos	<input type="checkbox"/>
26. Fugas de aceite	<input type="checkbox"/>



XCMG ZL50G	XCMG ZL50G
2000	2018
<b>PALA CARGADOR</b>	
<input type="checkbox"/> 27. Revisión de varillaje	
<input type="checkbox"/> 28. Estado de los bujes	
<input type="checkbox"/> 29. Lubricación	
<input type="checkbox"/> 30. Graseras	
<input type="checkbox"/> 31. Gato hidraulico	
<input type="checkbox"/> 32. Estado de la cuchilla	
<b>PLUMA O CUCHARON</b>	
<input type="checkbox"/> 33. Revisión de varillaje	
<input type="checkbox"/> 34. Herramientas de ataque	
<input type="checkbox"/> 35. Buje	
<b>36. Lubricacion</b>	
<input type="checkbox"/> 37. Actuadores de doble efecto	
<input type="checkbox"/> 38. Bujes	
<input type="checkbox"/> 39. Actuadores de doble efecto giro	
<input type="checkbox"/> 40. Estados de los estabilizadores	
<input type="checkbox"/> 41. Estado del seguro de la pluma	
<b>ACIENTO</b>	
<input type="checkbox"/> 42. Cinturon	
<input type="checkbox"/> 43. Estado del asiento	
<b>SIST. REFRIGERACION</b>	
<input type="checkbox"/> 44. Revisión del nivel del refrigerante	

Control consumo de DIESEL

Hora Inicial _____	Hora Final _____	Tiempo en Horas _____
--------------------	------------------	-----------------------

**NOTA:** Para las Anomalías Generar Ordenes de Trabajo OT  
 La mencionada Montacarga en la Opinión del CLIENTE esta:

EXCELENTE     BUENO     MALA

**OBSERVACIONES OPERARIO 1:** \_\_\_\_\_



Apéndice EReporte de control de producto cocido

		<b>REGISTRO DE PESOS Y MEDIDAS MATERIAL COCIDO</b>									
PN-In-05-004		Fecha:(dd/mm/aa) 27/04/2022				Pagina: 1/1			Versión: 01		
OPERARIO/ NOMBRE: _____						FECHA (dd/mm/aa): _____					
SUPERVISOR: _____											
TURNO: _____											
HORA	REFERENCIA	LOTE	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO G	DIMENSIONES		PESO		FIRMA
							Cumple (X)	No Cumple (X)	Cumple (X)	No Cumple (X)	
OBSERVACIONES: _____											
OPERARIO/ NOMBRE: _____						FECHA (dd/mm/aa): _____					
SUPERVISOR: _____											
TURNO: _____											
HORA	REFERENCIA	LOTE	LARGO (cm)	ANCHO (cm)	ALTO (cm)	PESO G	DIMENSIONES		PESO		FIRMA
							Cumple (X)	No Cumple (X)	Cumple (X)	No Cumple (X)	
OBSERVACIONES: _____											

### Apéndice F Flujo económico – Implementación de Secadero rápido

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	S/ 791,000.00					
Ingresos		S/ 883,097.67	S/ 946,680.71	S/ 1,014,841.72	S/ 1,087,910.32	S/ 1,166,239.86
(Costos)		S/ 549,312.00	S/ 587,214.53	S/ 627,732.33	S/ 671,045.86	S/ 717,348.03
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>S/ 333,785.67</b>	<b>S/ 359,466.18</b>	<b>S/ 387,109.39</b>	<b>S/ 416,864.46</b>	<b>S/ 448,891.84</b>
(Depreciación)		S/ 53,866.67				
<b>UdD</b>		<b>S/ 279,919.01</b>	<b>S/ 305,599.51</b>	<b>S/ 333,242.72</b>	<b>S/ 362,997.79</b>	<b>S/ 395,025.17</b>
(Impuestos)		S/ 82,576.11	S/ 90,151.86	S/ 98,306.60	S/ 107,084.35	S/ 116,532.43
<b>UdDdl</b>		<b>S/ 197,342.90</b>	<b>S/ 215,447.66</b>	<b>S/ 234,936.12</b>	<b>S/ 255,913.44</b>	<b>S/ 278,492.75</b>
Depreciación		S/ 53,866.67				
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/ 791,000.00</b>	<b>S/ 251,209.57</b>	<b>S/ 269,314.32</b>	<b>S/ 288,802.78</b>	<b>S/ 309,780.11</b>	<b>S/ 332,359.41</b>

### Apéndice G Flujo económico – Implementación de Metodología 5'S

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	S/ 23,721.50					
Ingresos		S/ 387,204.36	S/ 415,083.08	S/ 444,969.06	S/ 477,006.83	S/ 511,351.32
(Costos)		S/ 365,328.00	S/ 390,535.63	S/ 417,482.59	S/ 446,288.89	S/ 477,082.82
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>S/ 21,876.36</b>	<b>S/ 24,547.45</b>	<b>S/ 27,486.47</b>	<b>S/ 30,717.94</b>	<b>S/ 34,268.50</b>
(Depreciación)		S/ 2,130.50				
<b>UdD</b>		<b>S/ 19,745.86</b>	<b>S/ 22,416.95</b>	<b>S/ 25,355.97</b>	<b>S/ 28,587.44</b>	<b>S/ 32,138.00</b>
(Impuestos)		S/ 5,825.03	S/ 6,613.00	S/ 7,480.01	S/ 8,433.30	S/ 9,480.71
<b>UdDdl</b>		<b>S/ 13,920.83</b>	<b>S/ 15,803.95</b>	<b>S/ 17,875.96</b>	<b>S/ 20,154.15</b>	<b>S/ 22,657.29</b>
Depreciación		S/ 2,130.50				
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/ 23,721.50</b>	<b>S/ 16,051.33</b>	<b>S/ 17,934.45</b>	<b>S/ 20,006.46</b>	<b>S/ 22,284.65</b>	<b>S/ 24,787.79</b>

### Apéndice H Flujo económico – Mejoramiento de los procedimientos de información

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	S/ 13,052.60					
Ingresos		S/ 191,743.70	S/ 205,549.25	S/ 220,348.80	S/ 236,213.91	S/ 253,221.31
(Costos)		S/ 182,100.00	S/ 194,664.90	S/ 208,096.78	S/ 222,455.46	S/ 237,804.88
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>S/ 9,643.70</b>	<b>S/ 10,884.35</b>	<b>S/ 12,252.02</b>	<b>S/ 13,758.45</b>	<b>S/ 15,416.43</b>
(Depreciación)		S/ 2,110.52	S/ 2,110.52	S/ 2,110.52	S/ 2,110.52	S/ 2,110.52
<b>UdD</b>		<b>S/ 7,533.18</b>	<b>S/ 8,773.83</b>	<b>S/ 10,141.50</b>	<b>S/ 11,647.93</b>	<b>S/ 13,305.91</b>
(Impuestos)		S/ 2,222.29	S/ 2,588.28	S/ 2,991.74	S/ 3,436.14	S/ 3,925.24
<b>UdDdl</b>		<b>S/ 5,310.89</b>	<b>S/ 6,185.55</b>	<b>S/ 7,149.76</b>	<b>S/ 8,211.79</b>	<b>S/ 9,380.67</b>
Depreciación		S/ 2,110.52	S/ 2,110.52	S/ 2,110.52	S/ 2,110.52	S/ 2,110.52
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/ 13,052.60</b>	<b>S/ 7,421.41</b>	<b>S/ 8,296.07</b>	<b>S/ 9,260.28</b>	<b>S/ 10,322.31</b>	<b>S/ 11,491.19</b>

**Apéndice I Flujo económico – Rediseño de disposición en planta**

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	S/ 55,311.00					
Ingresos		S/ 171,185.09	S/ 183,510.41	S/ 196,723.16	S/ 210,887.23	S/ 226,071.11
(Costos)		S/ 118,488.00	S/ 126,663.67	S/ 135,403.47	S/ 144,746.30	S/ 154,733.80
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>S/ 52,697.09</b>	<b>S/ 56,846.74</b>	<b>S/ 61,319.70</b>	<b>S/ 66,140.93</b>	<b>S/ 71,337.31</b>
(Depreciación)		S/ 2,765.55				
<b>UdD</b>		<b>S/ 49,931.54</b>	<b>S/ 54,081.19</b>	<b>S/ 58,554.15</b>	<b>S/ 63,375.38</b>	<b>S/ 68,571.76</b>
(Impuestos)		S/ 14,729.80	S/ 15,953.95	S/ 17,273.47	S/ 18,695.74	S/ 20,228.67
<b>UdDdl</b>		<b>S/ 35,201.73</b>	<b>S/ 38,127.24</b>	<b>S/ 41,280.67</b>	<b>S/ 44,679.64</b>	<b>S/ 48,343.09</b>
Depreciación		S/ 2,765.55				
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/ 55,311.00</b>	<b>S/ 37,967.28</b>	<b>S/ 40,892.79</b>	<b>S/ 44,046.22</b>	<b>S/ 47,445.19</b>	<b>S/ 51,108.64</b>

**Apéndice J Flujo económico – Merma excesiva de ladrillo cocido**

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	S/ 10,340.40					
Ingresos		S/ 168,467.86	S/ 180,597.55	S/ 193,600.57	S/ 207,539.81	S/ 222,482.68
(Costos)		S/ 161,395.19	S/ 172,531.46	S/ 184,436.13	S/ 197,162.22	S/ 210,766.41
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>S/ 7,072.68</b>	<b>S/ 8,066.09</b>	<b>S/ 9,164.45</b>	<b>S/ 10,377.60</b>	<b>S/ 11,716.27</b>
(Depreciación)		S/ 1,708.08	S/ 1,708.08	S/ 1,708.08	S/ 1,708.08	S/ 1,708.08
<b>UdD</b>		<b>S/ 5,364.60</b>	<b>S/ 6,358.01</b>	<b>S/ 7,456.37</b>	<b>S/ 8,669.52</b>	<b>S/ 10,008.19</b>
(Impuestos)		S/ 1,582.56	S/ 1,875.61	S/ 2,199.63	S/ 2,557.51	S/ 2,952.42
<b>UdDdl</b>		<b>S/ 3,782.04</b>	<b>S/ 4,482.40</b>	<b>S/ 5,256.74</b>	<b>S/ 6,112.01</b>	<b>S/ 7,055.77</b>
Depreciación		S/ 1,708.08	S/ 1,708.08	S/ 1,708.08	S/ 1,708.08	S/ 1,708.08
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/ 10,340.40</b>	<b>S/ 5,490.12</b>	<b>S/ 6,190.48</b>	<b>S/ 6,964.82</b>	<b>S/ 7,820.09</b>	<b>S/ 8,763.85</b>

**Apéndice K Flujo económico – Falta de planificación de mantenimiento preventivo**

Rubro	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
(Inversión)	S/ 17,371.70					
Ingresos		S/ 161,495.37	S/ 173,123.03	S/ 185,587.89	S/ 198,950.22	S/ 213,274.63
(Costos)		S/ 144,480.00	S/ 154,449.12	S/ 165,106.11	S/ 176,498.43	S/ 188,676.82
<b>Utilidad Bruta</b>		<b>S/ 17,015.37</b>	<b>S/ 18,673.91</b>	<b>S/ 20,481.78</b>	<b>S/ 22,451.79</b>	<b>S/ 24,597.81</b>
(Depreciación)		S/ 2,874.34				
<b>UdD</b>		<b>S/ 14,141.03</b>	<b>S/ 15,799.57</b>	<b>S/ 17,607.44</b>	<b>S/ 19,577.45</b>	<b>S/ 21,723.47</b>
(Impuestos)		S/ 4,171.60	S/ 4,660.87	S/ 5,194.20	S/ 5,775.35	S/ 6,408.42
<b>UdDdl</b>		<b>S/ 9,969.42</b>	<b>S/ 11,138.70</b>	<b>S/ 12,413.25</b>	<b>S/ 13,802.10</b>	<b>S/ 15,315.05</b>
Depreciación		S/ 2,874.34				
<b>Flujo Económico</b>	<b>-S/ 17,371.70</b>	<b>S/ 12,843.76</b>	<b>S/ 14,013.04</b>	<b>S/ 15,287.59</b>	<b>S/ 16,676.44</b>	<b>S/ 18,189.39</b>