

**PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE LA FILOSOFÍA
SIX SIGMA ORIENTADA A LA MEJORA DE LA
PRODUCTIVIDAD DE LADRILLO DE TECHO N° 15 EN
LA EMPRESA CERÁMICOS LAMBAYEQUE DE
CHICLAYO – PERIODO 2015.**

POR

ROMERO PAREDES, ROLANDO RONALD

Tesis presentada a la Escuela de Postgrado de la Universidad
Católica Santo Toribio de Mogrovejo, para optar el grado
académico de **MAESTRO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL CON
MENCION EN GESTIÓN DE OPERACIONES Y LOGÍSTICA**

APROBADO POR

Mtro. César Ulises Cama Peláez
Presidente/a de jurado

Mgtr. Abel Gonzales Wong
Secretario/a de jurado

Mgtr. Marco Gregorio Baca López
Vocal/ Asesor de jurado

CHICLAYO, 2017

DEDICATORIA

Dedico esta investigación en primer lugar a Dios, porque ha permitido la realización de esta Investigación; a mis padres por el apoyo incondicional. A mi amada esposa Jessica y querido hijo Adrián por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder seguir adelante.

AGRADECIMIENTO

Agradecer la incondicional labor orientadora de mis asesores y a mis compañeros por su apoyo para lograr la realización de la presente tesis.

INDICE

RESUMEN	x
ABSTRACT	xi
INTRODUCCIÓN	xii
CAPITULO I: MARCO TEÓRICO	16
1.1. Antecedentes	16
1.2. Bases teóricas	18
1.3. Definición de términos	40
CAPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	42
2.1. Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis	42
2.2. Población, muestra de estudio y muestro	43
2.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos	44
2.4. Plan de procesamiento para análisis de datos	44
CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	47
3.1. Diagnostico situacional de la calidad del proceso de producción de ladrillos de techo N° 15	47
3.2. Propuesta de implementación de la filosofía Six Sigma a la empresa Cerámicos Lambayeque en la línea 360 del ladrillo de techo N° 15	83
3.3. Análisis costo beneficio de la propuesta	102
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	105
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	108
ANEXOS	110

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N ^a 1. Lista de General Electric	39
Tabla N ^a 2. Número de trabajadores de la empresa Cerámicos Lambayeque	43
Tabla N ^o 3. Plan de desarrollo de la mejora basada en la filosofía Six Sigma	46
Tabla N ^o 4. Producción mensual de empresas fabricantes y comercializadoras de ladrillo de arcilla en el departamento de Lambayeque	48
Tabla N ^o 5. Distribución de productores ladrilleros artesanales	48
Tabla N ^o 6. Características principales de ladrillo según formato.....	51
Tabla N ^o 7. Valorización y porcentaje de mermas. Enero - Diciembre 2014.	52
Tabla N ^o 8. Cantidad de empleados de las áreas de producción de Cerámicos Lambayeque.....	70
Tabla N ^o 9. Costo por transporte de producto de las áreas de secado – cocción y cocción – almacén de Enero – Diciembre de 2014	71
Tabla N ^o 10. Producción por proceso del ladrillo techo N ^o 15 año 2014 Cerámicos Lambayeque	73
Tabla N ^o 11. Merma del proceso del ladrillo techo N ^o 15 año 2014 cerámicos Lambayeque	73
Tabla N ^o 12. Resumen de mermas de ladrillo techo N ^o 15 año 2014 cerámicos Lambayeque	74
Tabla N ^o 13. Opinión acerca de la remuneración en las áreas del proceso de producción del ladrillo	76
Tabla N ^o 14. Costo total del personal de producción en el ladrillo de techo N ^o 15.....	78
Tabla N ^o 15. Costos de operaciones de producción de ladrillo techo N ^o 15	79
Tabla N ^o 16. Cantidad y pago por labor realizada.....	79
Tabla N ^o 17. Resultados del cálculo del valor de Sigma asociado a la producción del techo N ^o 15 – Cerámicos Lambayeque SAC.....	82
Tabla N ^o 18. Análisis de causas de problemática identificada en la línea de producción de ladrillo techo N ^o 15	84

Tabla N° 19. Suplemento de trabajo generado por el trabajador	85
Tabla N° 20. Resumen de los tiempos iniciales y costos de las operaciones de la producción de ladrillo de techo N° 15	87
Tabla N° 21. Tiempo estándar calculado para el proceso de producción de ladrillo techo N° 15	88
Tabla N° 22. Capacidad y características de las máquinas de la empresa Cerámicos Lambayeque	91
Tabla N° 23. Programa de capacitación dirigida al personal de la empresa durante el año 2016.....	92
Tabla N° 24. Cantidad de empleados de las áreas de producción de Cerámicos Lambayeque y la organización con Hornos Hoffman.....	97
Tabla N° 25. Tiempos de proceso de las áreas de producción de Cerámicos Lambayeque y una empresa automatizada	98
Tabla N° 26. Producción de ladrillo techo 15 en el periodo enero – diciembre 2015	100
Tabla N° 27. Resultados del cálculo del valor sigma con mejora para el proceso de producción ladrillo 15 en la empresa Cerámicos Lambayeque	101
Tabla N° 28. Comparación de los indicadores antes y después de las mejoras planteadas.....	101
Tabla N° 29. Costos de inversión para las mejoras planeadas en la línea de producción de ladrillos techo 15 en la empresa Cerámicos Lambayeque	102

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de Pareto	24
Figura 2. Estratificación	25
Figura 3. Hoja de verificación	27
Figura 4. Diagrama causa - efecto	28
Figura 5. Diagrama de dispersión	31
Figura 6. Diagrama de flujo	32
Figura 7. Diagrama PEPSU	33
Figura 8. Procedimientos para la recolección de datos.....	45
Figura 9. Evolución mensual de la Actividad del Sector Construcción del Perú (PBI de construcción): 2012- 2014 – Variación porcentual respecto al mes anterior (%).....	47
Figura 10. Organigrama Actual de la empresa Cerámicos Lambayeque	47
Figura 11. Área de Almacén de materia prima	53
Figura 12. Merma en tolva de molienda	54
Figura 13. Merma en maquina Zaranda.....	55
Figura 14. Merma en la máquina Laminadora	55
Figura 15. Área de Formado.....	56
Figura 16. Cámara de vacío.....	57
Figura 17. Cortadora de ladrillo.....	57
Figura 18. Rodillo para sello de ladrillo	58
Figura 19. Carga del ladrillo a la motocarga	58
Figura 20. Merma del ladrillo antes de llevar al secado	59
Figura 21. Traslado del área de formado a la pampa de secado.....	60
Figura 22. Área de secado.....	60
Figura 23. Área de Cocción (Hornos Tipo Hoffman).....	62
Figura 24. Control de cocción y temperatura	62
Figura 25. Merma de ladrillo	63
Figura 26. Merma de ladrillo	64
Figura 27. Diagrama de bloques del proceso de producción del ladrillo	66

Figura 28. Diagrama de recorrido de producción basado en 100 ladrillos tipo N° 15	67
Figura 29. Diagrama de operaciones de la producción de ladrillo	69
Figura 30. Problemática con el ladrillo de techo n° 15 de la empresa ladrillera Cerámicos Lambayeque	75
Figura 31. Resultados de análisis Pareto	84
Figura 32. Diagrama de operaciones de la producción de ladrillo techo N° 15	90
Figura 33. Hornos Hoffman – Vista de área de combustible	95
Figura 34. Funcionamiento de una línea de quema.....	95
Figura 35. Detalle exterior de una línea de quema, conformada por una batería de 4 hornos Hoffman	96
Figura 36. Detalle de la zona superior de los hornos Hoffman en funcionamiento.....	96
Figura 37. Horno quemado en proceso de enfriamiento.....	97

RESUMEN

La empresa Cerámicos Lambayeque busca mejorar su productividad con la gestión de sus operaciones considerando la implementación de mejoras como son la compra de maquinaria, adecuado personal, reducción de tiempos por operaciones totales, entre otros.

Para ello, se planteó como hipótesis que la filosofía Six Sigma a un nivel de 2,13 mejora la productividad de ladrillo de techo N° 15 en la empresa Cerámicos Lambayeque. Durante el diagnóstico de la línea de producción de este tipo de ladrillo, se determinó que el número de unidades procesadas, con los recursos que contaban hasta la fecha 2014, en total fueron de 1 783 500 unidades dentro de los cuales se determinó que el número de defectos detectados llegan a un total de 1 029 000 unidades. Determinándose que la productividad hasta el análisis asciende a 57,7% con un nivel sigma de 1,69.

Las mejoras correspondientes implican la reorganización de las operaciones que se siguen para obtener el producto final, la compra de maquinaria adecuada para el proceso de quemado, la gestión necesaria del personal, entre otras mejoras relacionadas. Las nuevas unidades procesadas estimadas para el año siguiente ascienden a un total de 2 743 000 unidades, lo que determina que el número de unidades defectuosas ascenderá a 729 000 unidades, recordando que la filosofía Six Sigma busca reducir las cantidades de defectos. Esto demuestra el aumento en la productividad del 57,7% al 73,4% bajo un nivel sigma de 2,13.

Palabras claves: Six Sigma, productividad, satisfacción.

ABSTRACT

The company Cerámicos Lambayeque seeks to improve its productivity with the correct management of its operations considering the implementation of improvements such as the purchase of machinery, adequate personnel, reduction of time by total operations, among others.

For this, it was hypothesized that the Six Sigma philosophy at a level of 2,13 improves the productivity of ceiling brick N ° 15 in the company Cerámicos Lambayeque. During the diagnosis of the production line of this type of brick, it was determined that the number of units processed, with the resources that counted until the date 2014, in total were 1 783 500 units within which it was determined that the number of defects detected reach a total of 1 029 000 units. Determining that the productivity up to the analysis amounts to 57,7% with a sigma level of 1,69.

The corresponding improvements involve the reorganization of the operations that are followed to obtain the final product, the purchase of an adequate machinery for the burn process, the necessary management of personnel, among others, to improve related. The new processed units estimated for the following year amount to a total of 2 743 000 units of which determines that the number of defective units would amount to 729 000 units, a considerable decrease the previous year. This demonstrates the increase in productivity from 57,7% to 73,4% under a sigma level of 2,13.

Key words: Six Sigma, productivity, satisfaction.

INTRODUCCIÓN

El hombre ha hecho uso de la arcilla por miles de años, desde la muralla China A.C. hasta la actualidad haciendo uso de recursos, siendo el principal actor la arcilla, llegando a tener una gran relevancia en el boom inmobiliario a nivel mundial desde EE. UU. y Europa y ahora Sudamérica. Actualmente el Perú ingresa a una etapa de burbuja inmobiliaria donde el ladrillo es la materia prima básica y primordial junto al cemento en las edificaciones. La producción de ladrillo tanto formal como informal en el país son de tendencia creciente, en el Perú existen 51 empresas ladrilleras, de las cuales en Lima suman un aproximado de 21 empresas que se encuentran funcionando de manera formal.

Como hace mención la Cámara Peruana de la Construcción (CAPECO), estima que la informalidad superaría el 60% y llega hasta en un 70% al interior del país, situación generada en ocasiones por las empresas formales ya que realizan prácticas informales como la falta de facturación o por razones sociales temporales.

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), la actividad productiva del Perú registró un crecimiento de 0,30%, contabilizando 59 meses de crecimiento continuo, sustentado por el desenvolvimiento positivo de la mayoría de los sectores, además de ello la actividad productiva del país registró una variación positiva de 3,30%. El Sector Construcción creció 4,75%, y la inversión del avance físico de obras aumentó en 1,68%. El empleo en el Sector Construcción en julio del 2014 presentó un crecimiento del 13,50%.

Actualmente en la ciudad de Lambayeque existen 11 ladrilleras formales, entre las más importantes se encuentran: Cerámicos Lambayeque, Ladrillos Fortaleza, Ladrillos Peruanos y Olano. De las empresas ya mencionada, la fuente para esta investigación es Cerámicos Lambayeque.

Cerámicos Lambayeque forma parte del Grupo Induamérica y fue creada en enero de 2007 con capitales privados cien por ciento chiclayanos; es una joven y sólida empresa cuya actividad principal es la fabricación y comercialización de ladrillos de arcilla, destacándose por presentar productos con una geometría y acabado perfecto, buen comportamiento termo acústico y con gran resistencia a la compresión, brindando de esta forma la mayor calidad posible. Presenta una producción total aproximada de 132 000 t al año, con un 20% de participación del tipo ladrillo de techo; llegando a ser el primero en ventas y el segundo en producción en la región. Es por ello por lo que, la empresa busca satisfacer una demanda utilizando al máximo los insumos disponibles y buscando reducir costos, pero dentro de sus actividades presentan un total aproximado de una tonelada al año en devolución por producto en malas condiciones.

La capacidad de planta de Cerámicos Lambayeque es de 11,000 t/mes, pero por diversos inconvenientes, esta se ve reducida a 8400 t/mes (350 t/día x 24 días), esta reducción (2600 t/mes) se debe a las mermas generadas durante el proceso de producción, en promedio 23%.

Por lo tanto el problema de la organización es la siguiente: ¿En qué medida la implementación de la filosofía Six Sigma mejorará la productividad del ladrillo de techo N° 15 de la empresa Cerámicos Lambayeque de Chiclayo – Periodo 2015?, la cual tiene formulado el supuesto de que la implementación de la filosofía Six Sigma mejora la productividad del ladrillo de techo N° 15 en la Empresa Cerámicos Lambayeque de Chiclayo – Periodo 2015; para llegar a probar este supuesto se plantea por objetivo general, mejorar la productividad del ladrillo de techo N° 15 aplicando la Filosofía Six Sigma en la Empresa Cerámicos Lambayeque

de Chiclayo – Periodo 2015; para ello se diagnosticó la situación de la calidad del proceso de producción del ladrillo de techo y las causas que generan los defectos de la producción; luego se elaboró un plan de aplicación de la filosofía Six Sigma, seguido se realizó una simulación de aplicación de la filosofía Six Sigma para la producción del ladrillo de techo N° 15, por último se realizó el análisis costo-beneficio de la implementación de la filosofía Six Sigma.

Por lo expuesto, la investigación permitirá la formalización en la aplicación de nuevos métodos de planificación mediante la Filosofía Six Sigma, esto le permitirá a la organización generar una toma de decisiones que permita incrementar el rendimiento de la producción de ladrillo de techo de las empresas ladrilleras de Lambayeque. Además, permitiendo servir de modelo para los estudiantes, en la aplicación de este tipo de mejora, finalmente permitirá a la organización ofertar un producto que les permita a sus clientes diferenciar la calidad y profesionalismo de su producción de ladrillos.

Dentro de la redacción de la investigación, que se presenta de manera ordenada y estructurada, se desarrollan los siguientes capítulos:

En el capítulo I se presenta el marco teórico conceptual, referido a antecedentes que recalcan la importancia de la aplicación y evaluación de la filosofía Six Sigma.

En el capítulo II denominado con materiales y métodos, se afirma que la investigación es de tipo aplicada con el fin de obtener como resultado una mejora, la población y la muestra enfocadas a la producción de ladrillos de techo N° 15 en el periodo 2015.

En el capítulo III resultados y discusión, se presenta el diagnóstico de la situación de la calidad del proceso de producción de ladrillo de techo, la propuesta que se basa en la implementación de la filosofía Six Sigma a la empresa Cerámicos Lambayeque en la línea 360 del ladrillo de techo N° 15.

considerando la mejora en cuanto a la reducción de mermas que se obtiene durante las operaciones del proceso de producción.

Y para finalizar la investigación se presenta las conclusiones y recomendación que se obtuvieron a lo largo del estudio.

CAPITULO I: MARCO TEORICO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

Carranza (2014), en su investigación: *Mejora del proceso de producción de ladrillos en "Cerámicos Lambayeque"*, en el departamento de Lambayeque – Perú, que tuvo por objetivo general: mejorar el proceso de producción de ladrillos techo 12 y techo 15, obteniendo como hallazgos luego de aplicar las herramientas del tiempo total productivo y las 5's mejorar los indicadores de producción, la eficiencia física lo cual incrementó a 76,97% y la productividad del proceso aumentó en un 19,25%, asimismo el beneficio económico de la propuesta de mejora en el proceso de producción de ladrillo fue de 100,97 soles.

Barahona y Navarro (2013) en su investigación: "Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología lean Six Sigma", de la Pontificia Universidad Católica del Perú, que tiene por objetivo general reducir el alto consumo de zinc y disminuir las devoluciones de productos fuera de especificación y con defectos, obteniendo como hallazgos principales que con las mejoras de Six Sigma se logra disminuir la capa de zinc de 330 g/m² a 274,7 g/m² y el proyecto de Lean Six Sigma con una duración de un año, tiene una inversión de 43 166 dólares y genera un ahorro anual de 80 454,6 dólares.

Tolamatl y otros (2011), en su artículo científico: “Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz”; Instituto Tecnológico del Aguascalientes – México, que tuvo por objetivo general reducir el producto no conforme y reducir los altos costos de no calidad para fortalecer las finanzas de la empresa; donde hace mención sus hallazgos gracias al compromiso del gerente general, del equipo de colaboración y asesores externos, se logró culminar con éxito el proyecto y aumentar el nivel sigma del proceso de 2,4 a 3,6. Además se redujo 13% del producto no conforme en el área de pintura.

Pascual (2009) en su investigación: “*Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la empleando Six Sigma*”, de la Pontificia Universidad Católica del Perú, tiene por objetivo: Mejorar el proceso de una imprenta que realiza trabajos de impresión offset, utilizando la metodología Six Sigma. Encontrando como principales hallazgos que en la fase de medir el porcentaje promedio de productos no conformes por tonalidad de color es del 3,0% y el nivel Six Sigma del proceso de 4,45 y en la fase de mejora se calcula la nueva capacidad del proceso y el nuevo nivel Six Sigma, obteniéndose los valores de 1,0% y 4.59 respectivamente. Concluyendo que la aplicación nos ofrece los beneficios económicos alcanzados luego se ejecutarse la fase de mejora, antes de la propuesta se presentaba una utilidad anual de \$ 278 148 pero una vez ejecutada la propuesta se logró una utilidad anual de \$ 291 108, la organización obtendría un aumento estimado de 4,5% de sus utilidades.

Portillo y Quintanilla (2004) en su investigación: “*Propuesta de aplicación de la filosofía Six Sigma a las empresas certificadas con ISO 9000 y orientadas al procesamiento de plásticos*”, de la Universidad Don Bosco – Soyapango, El Salvador, que tiene como objetivo general: Desarrollar una propuesta de Aplicación de la Filosofía Seis Sigma, a una empresa orientada al procesamiento de plásticos y Certificada con ISO 9000. Obtuvieron como resultados que se obtiene un panorama

de disminución de costos por unidades que antes eran desperdicio convirtiéndose en piezas buenas que, al compararlos con los costos de capacitación del personal para la implementación, son menores, o sea que se obtendría un beneficio aproximado de 10,63 dólares por cada dólar invertido. Además, se presenta que para el proceso de inyección se estaría recuperando un tiempo muerto de 151,5 horas/año con un rendimiento de 98,7% lo cual generaría una producción en unidades buenas de 411 807 y para el proceso de soplado se estaría recuperando un total de 151,5 horas/año con un rendimiento de 97,5% lo cual generaría una producción en unidades buenas de 379 650.

1.2 Base teórica

1.2.1 Filosofía Six Sigma

A. Antecedentes

El uso de la letra griega sigma (σ), que denota la desviación estándar poblacional (proceso), expresa una forma de cuantificar la variación que tiene una variable de la población o el proceso; así, “el nivel de sigmas que tiene un proceso es una forma de describir qué tan bien la variación del proceso cumple las especificaciones o requerimientos del cliente”. Lo ideal es que un proceso tenga Seis Sigma como nivel de calidad (Gutiérrez y de la Vara 2009).

Inclusive desde su nombre, la estrategia Six Sigma (6σ) plantea la mejora continua del negocio a partir de la mejora del desempeño de los procesos de una organización y de la reducción de su variación. De esta manera, se encuentran y eliminan las causas de los errores, defectos y retrasos en los procesos. Esta estrategia se enfoca en los clientes y sus necesidades como punto de referencia y se apoya en una metodología cuyos fundamentos son herramientas y pensamiento estadístico. Además, prioriza su accionar en tres áreas: satisfacción del cliente, reducción del tiempo de ciclo y disminución de los defectos.

Como se mencionó anteriormente, un proceso de calidad cumple con la meta de ser catalogado como 6σ (Six Sigma), lo cual significa que tiene un máximo de 3,4 defectos por millón de oportunidades. Para conseguirlo, la empresa o negocio debe comprometerse desde la alta dirección e impulsar un programa de mejora que desarrolle proyectos 6σ para conseguir la eliminación de defectos y retrasos de productos, procesos y transacciones en todos los procesos de la organización.

La filosofía Six Sigma fue introducida por vez primera en el año 1987, en Motorola, por Bob Galvin, presidente de la compañía, y un equipo de directivos. La intención fue reducir los defectos de sus productos electrónicos. A partir de ese momento y, hasta hoy, los resultados de 6σ han sido evidentemente favorables para las empresas. Ello ha determinado que haya sido adoptada, enriquecida y generalizada por un gran número de compañías. Por ejemplo, además de Motorola, dos organizaciones más contribuyeron a consolidar la filosofía Seis Sigma y sus herramientas, ellas son Allied Signal, que inició su programa en 1994; y General Electric (GE), que inició en 1995.

Es importante destacar que un factor decisivo para obtener el éxito con Seis Sigma es la participación de los directivos de la organización. Lo demuestran los resultados obtenidos por Motorola, Allied Signal y General Electric, cuyos presidentes (Bob Galvin, Larry Bossidy y Jack Welch, respectivamente) encabezaron la aplicación del programa Seis Sigma en sus organizaciones. A nivel regional, en Latinoamérica, Mabe es una de las organizaciones que ha logrado conformar uno de los programas Seis Sigma más exitosos.

Los resultados logrados por Motorola, Allied Signal y GE luego de aplicar la filosofía Seis Sigma (Hahn et al. 2000, Harry 1998, citados por Gutiérrez y De la Vara 2009, Montgomery 2009) fueron:

- Motorola logró aproximadamente 1000 millones de dólares en ahorros durante tres años, y el premio a la calidad Malcolm Baldrige en 1988.
- Allied Signal ahorró más de 2 000 millones de dólares entre 1994 y 1999.
- GE alcanzó más de 2 570 millones de dólares en ahorros en tres años (1997-1999).

B. Características

La filosofía Six Sigma tiene como características las siguientes (Gutiérrez y De la Vara 2009):

- Liderazgo comprometido de arriba hacia abajo
- Estructura directiva que incluye personal de tiempo completo
- Entrenamiento
- Acreditación
- Orientación al cliente y enfoque hacia los procesos
- Dirección sobre la base de datos
- Apoyo en una robusta metodología
- Apoyo en entrenamiento para todos
- Proyectos generan ahorros o aumento de ventas
- Los resultados de la estrategia se reconocen
- Es de largo plazo, se integra y refuerza otras iniciativas estratégicas

C. Etapas de un proyecto basado en la filosofía Six Sigma

Etapa 1: Definición del proyecto (D)

Montgomery (2009, 46) señala esta fase del proceso como “definición de oportunidades”.

En la etapa de definición se enfoca el proyecto, se delimita y se sientan las bases para su éxito (Gutiérrez y De la Vara 2009). Como es

lógico, esta fase debe considerar con claridad el objetivo, la forma de medición del éxito del mismo, su alcance, los beneficios potenciales y las personas que intervienen en éste (los responsables).

El proceso se llevará a cabo de manera exitosa siempre que la selección del proyecto sea la más adecuada. Esto se logra si la responsabilidad recae sobre los expertos: los champions o de los black belts (Levine 2006, Bass 2007).

Con el proyecto tentativo, propuesto por el responsable más idóneo, lo que sigue es la asignación del proyecto a un líder responsable. Suele asignarse a un black belt, green belt o un candidato a estas categorías, con conocimiento operativo del problema, pero que no sea parte del mismo.

Los integrantes del equipo que acompañarán al líder se escogen sobre la base de lo mucho que pueden aportar al desarrollo del proyecto y a la diversidad de puntos de vista, experiencias y especialidades que ostenten. El líder debe ser copartícipe de la formación del equipo, deben ser personas en las que confíe y que tenga la certeza de la calidad de su aporte.

Etapa 2: Medición de la situación actual (M)

Esta fase se enfoca en comprender el problema y cuantificarlo. Por ello, el proceso se define a un nivel más detallado para entender el flujo del trabajo, los puntos de decisión y los detalles de su funcionamiento; además, se establecen a detalle las métricas (Y) con las que se evaluará el éxito del proyecto. Se analiza y valida el sistema de medición para garantizar que las Y pueden medirse en forma consistente. Además, con el sistema de medición validado se mide la situación actual (o línea base) para clarificar el punto de arranque del proyecto con respecto a las Y (Gutiérrez y De la Vara 2009, Montgomery 2009, Kume 2002).

Etapa 3: Análisis de las causas raíz (A)

Una vez hecha la cuantificación del proyecto, se pasa al análisis. El objetivo de esta fase, pues, es identificar la causa o causas que generan el problema (identificar las X vitales) y entender de qué manera estas originan el problema. Para ello, debe confirmarse las causas con datos (Chin Tang et al 2006).

Para lograrlo, el punto de partida es identificar todas las variables de entrada o las posibles causas del problema. Es de utilidad el uso de ciertas herramientas como la lluvia de ideas, el diagrama de Ishikawa, Pareto, estratificación, cartas de control, mapeo de procesos, los cinco por qué, despliegue de la función de calidad para relacionar variables de entrada con variables de salida, diseño de experimentos, prueba de hipótesis, diagrama de dispersión, entre otras. Algunas de las mencionadas serán abordadas con mayor extensión más adelante.

Etapa 4: Propuesta e implementación de la mejora (M)

Esta es la etapa de la propuesta e implementación de las mejoras o soluciones que apunten a las causas raíz o X vitales. La mejora se enfoca en corregir o reducir el problema y debe tomar en cuenta una multiplicidad de alternativas de solución diferentes que atiendan las diversas causas (Gutiérrez y De la Vara 2009, Bass 2007, Montgomery 2009). Para ello, es posible apoyarse con herramientas como la lluvia de ideas, las técnicas de creatividad, hojas de verificación, diseño de experimentos, poka-yoke, etc.

Lo importante es abordar las causas del problema y no el efecto. “Una vez que se generan diferentes alternativas de solución es importante evaluarlas mediante una matriz que refleje los diferentes criterios o prioridades sobre los que se debe tomar la solución” (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

Etapa 5: Control para mantener la mejora (C)

Con las mejoras alcanzadas, lo cual implica el éxito del proyecto emprendido, debe diseñarse un sistema que las mantenga; es decir, controlar las X vitales. Con esto, el proyecto se cierra.

El cierre de un proyecto puede resultar, en algunos casos, difícil, por "los cambios realizados para evaluar las acciones de mejora se vuelvan permanentes, se institucionalicen y generalicen" (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

Es obligatorio, entonces, la participación y adaptación a los cambios de toda la gente involucrada en el proceso. Lógicamente, es posible enfrentar resistencias; sin embargo, el reto más fuerte es conseguir que las mejoras se mantengan (Montgomery 2009, Bass 2007).

En este sentido, es necesario establecer un sistema de control para:

- Prevenir que los problemas que tenía el proceso no se repitan (mantener las ganancias).
- Impedir que las mejoras y conocimiento obtenido se olviden.
- Mantener el desempeño del proceso.
- Alentar la mejora continua.

D. Herramientas

En el apartado referido a las fases de un proyecto basado en la filosofía Six Sigma, se hizo mención de ciertas herramientas que permitirían llevar a cabo de mejor manera el proceso. A continuación, se detalla las más importantes de entre ellas (Arias 2010):

Diagrama de Pareto

Gráfico de barras que ayuda a identificar prioridades y causas, puesto que muestra los problemas vitales de un proceso por orden de importancia. Es una herramienta de utilidad en la medida que permite identificar los problemas o situaciones comunes que actúan de modo permanente sobre los procesos (Arias 2010).

En esencia, se busca atacar el problema con base en datos e información aportados por un análisis estadístico que permita establecer prioridades y que enfoque los esfuerzos en aspectos específicos de los procesos.

Esta herramienta está respaldada por el principio de Pareto, “Pocos vitales, muchos triviales”, lo cual significa que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%) y el resto de los elementos no afectan el efecto total.

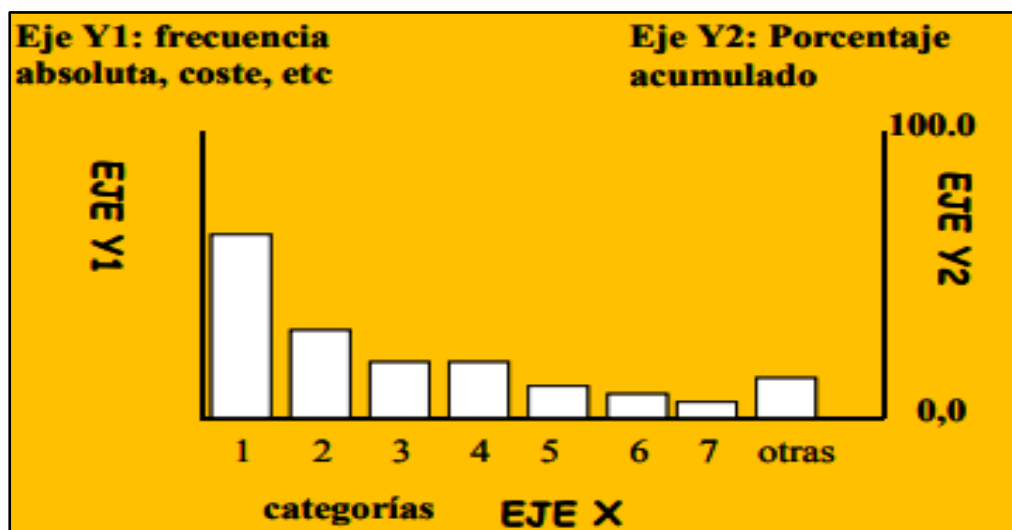


Figura 1. Diagrama de Pareto

Fuente: (Arias 2010)

Estratificación

De acuerdo con el principio de Pareto existen unos cuantos problemas vitales que son originados por pocas causas clave, pero

resulta necesario identificarlos mediante análisis adecuados. Uno de estos análisis es la estratificación o clasificación de datos (Ascari 2015).

Estratificar es analizar problemas, fallas, quejas o datos, clasificándolos o agrupándolos de acuerdo con los factores que se cree pueden influir en la magnitud de los mismos, a fin de localizar las mejores pistas para resolver los problemas de un proceso. Por ejemplo, los problemas pueden analizarse de acuerdo con tipo de fallas, métodos de trabajo, maquinaria, turnos, obreros, materiales o cualquier otro.

La estratificación es una poderosa estrategia de búsqueda que facilita entender cómo influyen los diversos factores o variantes que intervienen en una situación problemática, de forma que sea posible localizar diferencias, prioridades y pistas que permitan profundizar en la búsqueda de las verdaderas causas de un problema (Ascari 2015).

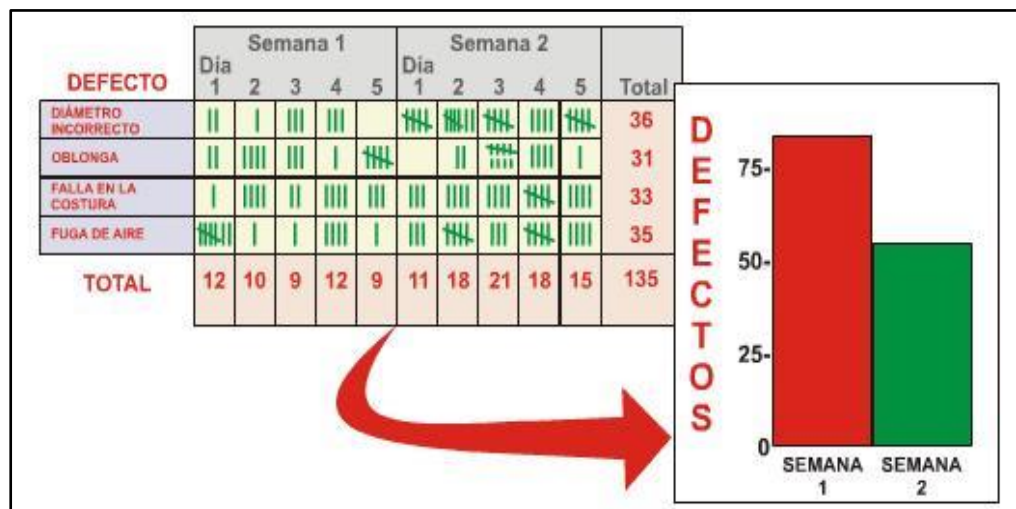


Figura 2. Estratificación

Fuente: (Calidad 2011)

Hoja de verificación

La hoja de verificación es un formato construido para coleccionar datos, de forma que su registro sea sencillo, sistemático y que sea fácil analizarlos. Una buena hoja de verificación debe reunir la

característica de que, visualmente, permita hacer un primer análisis para apreciar las principales características de la información buscada. Algunas de las situaciones en las que resulta de utilidad obtener datos a través de las hojas de verificación son las siguientes (Ascari 2015):

- Describir el desempeño o los resultados de un proceso.
- Clasificar las fallas, quejas o defectos detectados, con el propósito de identificar sus magnitudes, razones, tipos de fallas, áreas de donde proceden, etcétera.
- Confirmar posibles causas de problemas de calidad.
- Analizar o verificar operaciones y evaluar el efecto de los planes de mejora.

La finalidad de la hoja de verificación es fortalecer el análisis y la medición del desempeño de los diferentes procesos de la empresa, a fin de contar con información que permita orientar esfuerzos, actuar y decidir objetivamente. Esto es de suma importancia, ya que en ocasiones algunas áreas o empresas no cuentan con datos ni información de nada. (Ascari 2015).

HOJA DE VERIFICACIÓN												No. _____																																																																																																																																																																																																							
NOMBRE DEL SERVICIO: _____						FECHA: _____																																																																																																																																																																																																													
AREA: _____						DELEGACIÓN: _____																																																																																																																																																																																																													
ESPECIFICACIÓN: _____						UNIDAD DE ADSCRIPCIÓN: _____																																																																																																																																																																																																													
No. DE INSPECCIONES: _____						NOMBRE DEL EMPELADO: _____																																																																																																																																																																																																													
OBSERVACIONES: _____						NOMBRE DEL GRUPO: _____																																																																																																																																																																																																													
DIMENSIONES																																																																																																																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <td></td> <td>1.5</td><td>1.6</td><td>1.7</td><td>1.8</td><td>2</td><td>2.0</td><td>2.1</td><td>2.2</td><td>2.3</td><td>2.4</td><td>2.5</td><td>2.6</td><td>2.7</td><td>2.8</td><td>3</td><td>3.0</td><td>3.1</td> </tr> <tr> <td>40</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>35</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>30</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>25</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>20</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>15</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>/</td><td>/</td><td></td><td></td><td>/</td><td>/</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>10</td><td></td><td></td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td></td><td></td><td>/</td><td>/</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>5</td><td></td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td> </tr> <tr> <td>0</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1</td><td>2</td><td>6</td><td>13</td><td>10</td><td>16</td><td>19</td><td>17</td><td>12</td><td>16</td><td>20</td><td>17</td><td>13</td><td>8</td><td>5</td><td>6</td><td>2</td> </tr> </table>															1.5	1.6	1.7	1.8	2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.0	3.1	40																		35																		30																		25																		20																		15							/	/			/	/						10			/	/	/	/	/	/			/	/						5		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2
	1.5	1.6	1.7	1.8	2	2.0	2.1	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.8	3	3.0	3.1																																																																																																																																																																																																		
40																																																																																																																																																																																																																			
35																																																																																																																																																																																																																			
30																																																																																																																																																																																																																			
25																																																																																																																																																																																																																			
20																																																																																																																																																																																																																			
15							/	/			/	/																																																																																																																																																																																																							
10			/	/	/	/	/	/			/	/																																																																																																																																																																																																							
5		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																																																																																																																																		
0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																																																																																																																																		
	1	2	6	13	10	16	19	17	12	16	20	17	13	8	5	6	2																																																																																																																																																																																																		
FRECUCENCIA O TOTAL																																																																																																																																																																																																																			

Figura 3. Hoja de verificación

Fuente: (Avibert 2017)

Diagrama de Ishikawa

El diagrama de causa-efecto o de Ishikawa es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. La importancia de este diagrama radica en que obliga a buscar las diferentes causas que afectan el problema bajo análisis y, de esta forma, se evita el error de buscar de manera directa las soluciones sin cuestionar cuáles son las verdaderas causas (Ascari 2015).

El uso del diagrama de Ishikawa (DI), con las tres herramientas que hemos visto en las secciones anteriores, ayudará a no dar por obvias las causas, sino que se trate de ver el problema desde diferentes perspectivas.

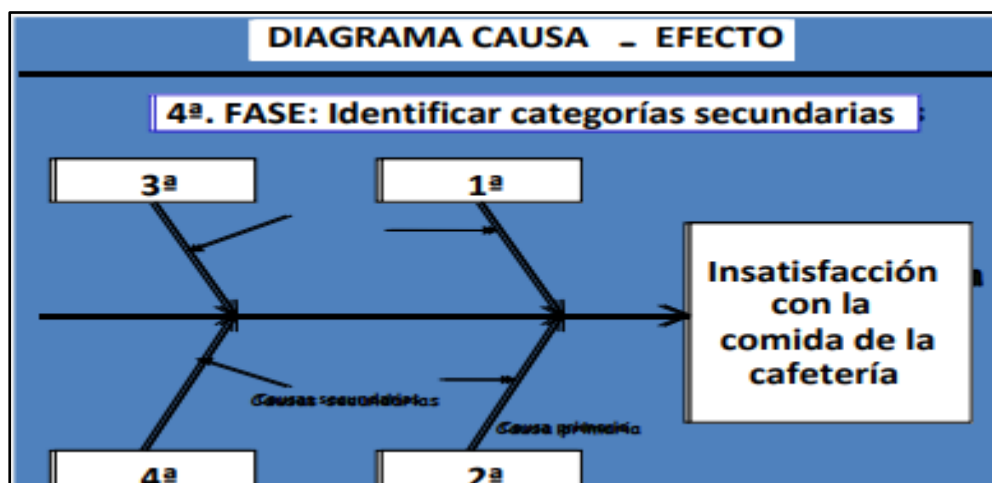


Figura 4. Diagrama causa - efecto

Fuente: (Arias 2010)

Lluvia de ideas

Las sesiones de lluvia o tormenta de ideas son una forma de pensamiento creativo encaminada a que todos los miembros de un grupo participen libremente y aporten ideas sobre determinado tema o problema. Esta técnica es de gran utilidad para el trabajo en equipo, ya que permite la reflexión y el diálogo con respecto a un problema y en términos de igualdad (Ascari 2015).

Se recomienda que las sesiones de lluvia de ideas sean un proceso disciplinado a través de los siguientes pasos:

- Definir con claridad y precisión el tema o problema sobre el que se aportan ideas. Esto permitirá que el resto de la sesión sólo esté enfocada a ese punto y no se dé pie a la divagación.
- Se nombra un moderador de la sesión, quien se encargará de coordinar la participación de los demás participantes.
- Cada participante en la sesión debe hacer una lista por escrito de ideas sobre el tema (una lista de posibles causas si se analiza un problema). La razón de que esta lista sea por

escrito y no de manera oral es que así todos los miembros del grupo participan y se logra concentrar más la atención de los participantes en el objetivo.

- Los participantes se acomodan de preferencia en forma circular y se turnan para leer una idea de su lista cada vez. A medida que se leen las ideas, éstas se presentan visualmente a fin de que todos las vean. El proceso continúa hasta que se hayan leído todas las ideas de todas las listas.
- Una vez leídos todos los puntos, el moderador le pregunta a cada persona, por turnos, si tiene comentarios adicionales. Este proceso continúa hasta que se agoten las ideas. Ahora se tiene una lista básica de ideas acerca del problema o tema.
- Agrupar las causas por su similitud y representarlas en un diagrama de Ishikawa, considerando que para cada grupo corresponderá una rama principal del diagrama, a la cual se le asigna un título representativo del tipo de causas en tal grupo.
- Una vez realizado el DI se analiza si se ha omitido alguna idea o causa importante; para ello, se pregunta si hay alguna otra causa adicional en cada rama principal, y de ser así se agrega.
- A continuación, se inicia una discusión abierta y respetuosa dirigida a centrar la atención en las causas principales. El objetivo es argumentar en favor de y no de descartar opciones. Las causas que reciban más mención o atención en la discusión se pueden señalar en el diagrama de Ishikawa resaltándolas de alguna manera.

- Elegir las causas o ideas más importantes de entre las que el grupo ha destacado previamente. Para ello se tienen tres opciones: datos, consenso o por votación. Se recomienda esta última cuando no es posible recurrir a datos y en la sesión participan personas de distintos niveles jerárquicos, o cuando hay alguien de opiniones dominantes.
- Se hace una nueva discusión sobre éstas y después de ello una nueva votación para obtener las causas más importantes que el grupo se encargará de atender.
- Si la sesión está encaminada a resolver un problema, se debe buscar que en las futuras reuniones o sesiones se llegue a las acciones concretas que es necesario realizar, para lo cual se puede utilizar de nuevo la lluvia de ideas y el diagrama de Ishikawa.

Diagrama de dispersión

Dadas dos variables numéricas X y Y , medidas usualmente sobre el mismo elemento de la muestra de una población o proceso, el diagrama de dispersión es un gráfico del tipo X - Y , donde cada elemento de la muestra es representado mediante un par de valores (x_i, y_i) y el punto correspondiente en el plano cartesiano X - Y (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

El objetivo de esta gráfica es analizar la forma en que estas dos variables están relacionadas. Por ejemplo, estudiar en un grupo de estudiantes, la relación entre su estatura (X) y su peso (Y); o podría ser de interés investigar la relación entre una variable de entrada (X) de un proceso con el valor de alguna característica de calidad (Y) del producto final. Al graficar todos los puntos, es decir, todas las parejas de valores (x_i, y_i) , si se observa que los puntos siguen algún patrón

definido, esto será evidencia de una posible relación entre las dos variables (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

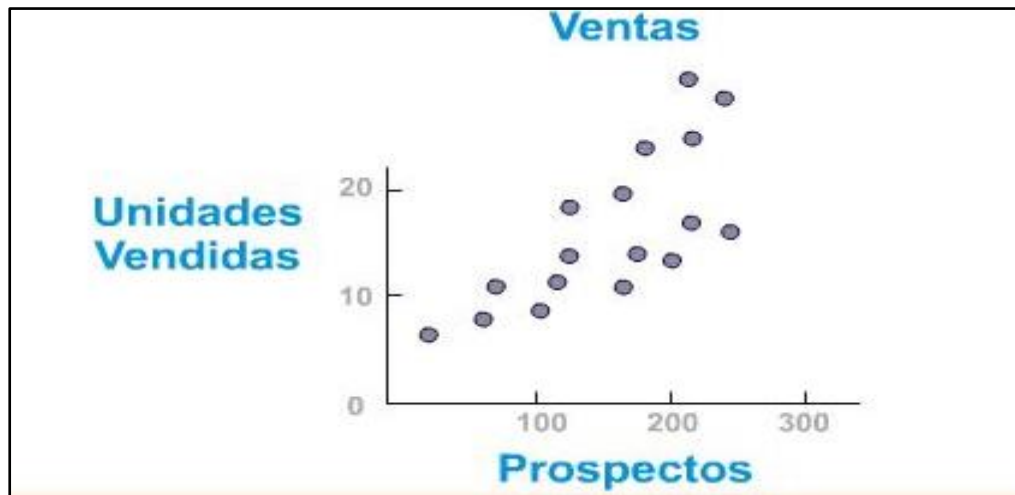


Figura 5. Diagrama de dispersión

Fuente: (Calidad 2011)

E. Diagramas de proceso

Entre los principales diagramas de proceso tenemos:

Diagrama de flujo

Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, que incluye transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de retrabajo o reproceso (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

Por medio de este diagrama es posible ver en qué consiste el proceso y cómo se relacionan las diferentes actividades; asimismo, es de utilidad para analizar y mejorar el proceso.

Los dos símbolos más usados en su construcción son el rectángulo y el rombo. Con el rectángulo, se identifica un paso o tarea del proceso, mientras que con un rombo se distinguen los puntos de verificación o de decisión (la respuesta a la pregunta determina el camino que debe tomarse).

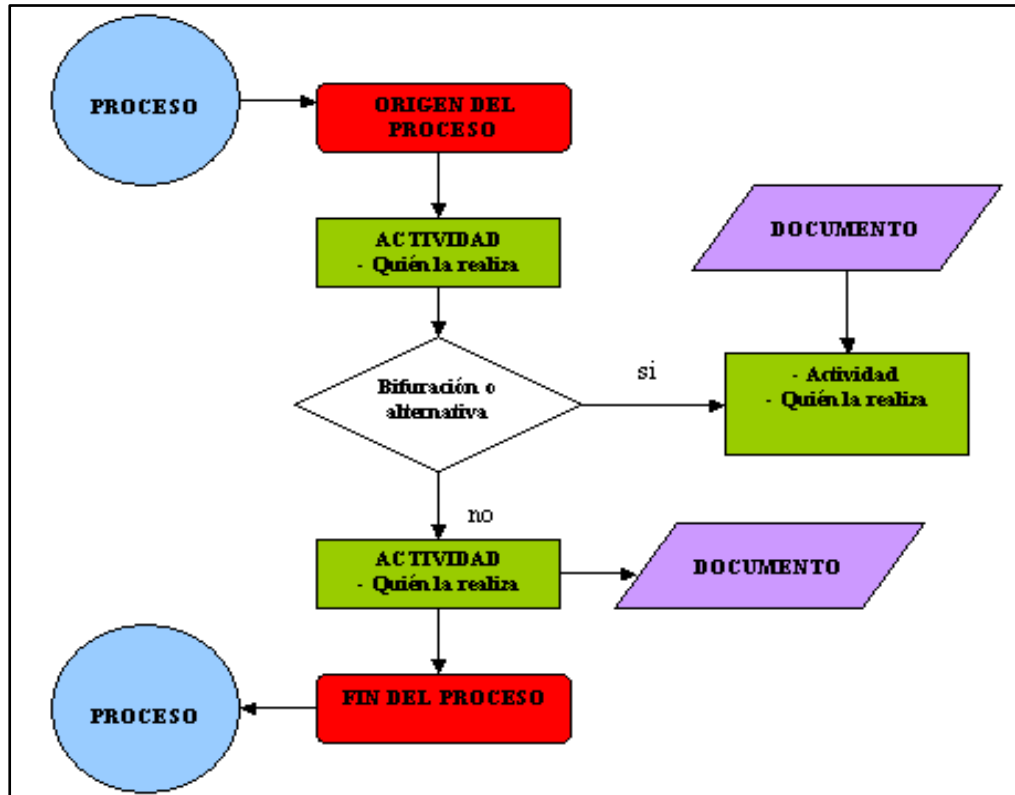


Figura 6. Diagrama de flujo

Fuente: (Manene 2011)

Diagrama PEPSU

Este diagrama de proceso tiene el objetivo de analizar el proceso y su entorno. Para ello se identifican los proveedores (P), las entradas (E), el proceso mismo (P), las salidas (S) y los usuarios (U). El acrónimo en inglés de este diagrama es SIPOC (suppliers, inputs, process, outputs and customers) (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

Los pasos para realizar un diagrama PEPSU son los siguientes:

- Paso 1: Delimitar el proceso y hacer su diagrama de flujo general donde se especifiquen las cuatro o cinco etapas principales.

- Paso 2: Identificar las salidas del proceso, las cuales son los resultados (bienes o servicios) que genera el proceso.
- Paso 3: Especificar los usuarios/clientes, que son quienes reciben o se benefician con las salidas del proceso.
- Paso 4: Establecer las entradas (materiales, información, etc.) que son necesarias para que el proceso funcione de manera adecuada.
- Paso 5: Identificar proveedores, es decir, quienes proporcionan las entradas.

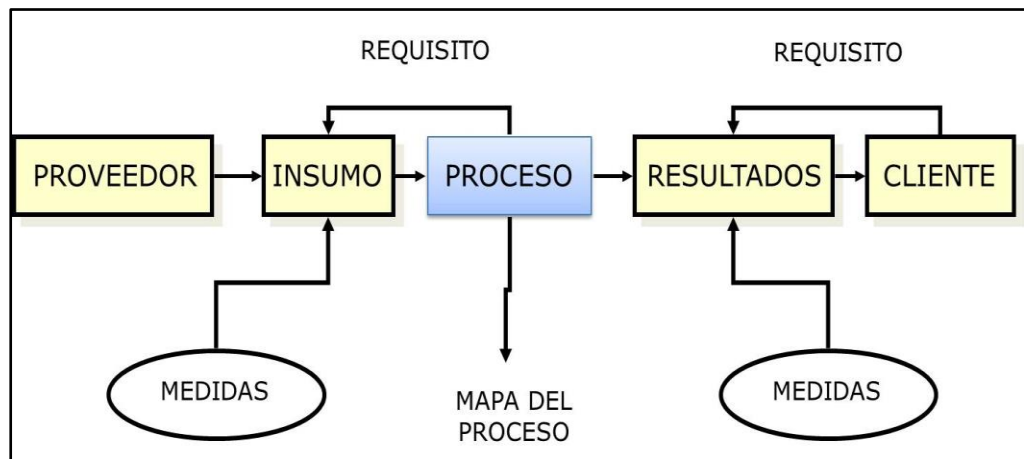


Figura 7. Diagrama PEPSU

Fuente: (Formento 2012)

F. Despliegue de la función de calidad

Un proyecto Six Sigma debe reflejar la perspectiva del cliente, y eso se hace preguntando y estableciendo métricas de calidad que reflejen la voz de éste. Por ello, es de gran utilidad el despliegue de la función de calidad, DFC (Quality Function Deployment, QFD), la cual es una herramienta de planeación que introduce la voz del cliente en el desarrollo y diseño del producto o el proyecto. Es un mecanismo formal para asegurar que “la voz del cliente” sea escuchada a lo largo del desarrollo del proyecto. También identifica medios específicos

para que los requerimientos del cliente sean cumplidos por todas las actividades funcionales de la compañía.

Para implementar DFC se utilizan varias matrices, cuyo propósito es establecer una manera sistemática de asignar responsabilidades para desplegar la voz del cliente, a fin de trasladar esos requerimientos en parámetros de diseño y fabricación (o en actividades específicas).

Así, el papel de DFC es ayudar a entender las necesidades del cliente y transformarlas en acciones específicas, identificar áreas que requieren atención y mejoramiento y establecer las bases para futuros desarrollos. La aplicación formal de esta técnica fue llevada a cabo por primera vez en Japón (1972) en Mitsubishi, por Kobe Shipyard.

G. Sistemas poka-yoke

La inspección o detección de los defectos por sí sola no mejora el desempeño de un proceso. La inspección y el monitoreo de procesos debe enfocarse a detectar la regularidad estadística de las fallas, para identificar dónde, cuándo y cómo están ocurriendo las fallas, a fin de enfocar mejor las acciones correctivas.

El reto no sólo es detectar los defectos antes que lleguen al cliente, sino eliminarlos. Con frecuencia, lo anterior se olvida y la inspección se utiliza para detectar efectos y a partir de eso generar acciones reactivas que sólo atienden el efecto y no la causa. La situación empeora cuando las causas están relacionadas con errores humanos, ya que las personas tienen olvidos y la rutina de trabajo las puede llevar a descuidos. En este contexto, el propósito fundamental de un sistema poka-yoke es diseñar sistemas y métodos de trabajo y procesos a prueba de errores. El término proviene del japonés: poka (error inadvertido), yoke (prevenir).

El enfoque poka-yoke propone atacar los problemas desde su causa y actuar antes de que ocurra el defecto entendiendo su mecánica. Asimismo, reconoce que el ser humano comete errores, que olvida, y que olvida que olvida. Por ello, en algunas situaciones no es suficiente la capacitación ni la experiencia. De esta forma, para aquellos errores más críticos que están influidos por el cansancio de las personas, por estados de ánimo, por la urgencia de la producción o por la presión, es necesario diseñar sistemas a pruebas de errores (dispositivo poka-yoke) que permitan eliminar la posibilidad de falla, que el sistema advierta y prevenga lo más posible antes de que el error tenga consecuencias. En otras palabras, un sistema poka-yoke hace la inspección en la fuente o causa del error, determinando si existen las condiciones para producir con calidad. En caso de que estas condiciones no existan, el sistema impide que el proceso continúe o por lo menos manda una señal de alerta. Un dispositivo poka-yoke también permite a las personas revisar su propio trabajo. Existen dos tipos: los dispositivos preventivos poka-yoke que nunca permiten el error (el microondas no funciona si la puerta está abierta) y el dispositivo detector, el cual manda una señal cuando hay posibilidad de error (cuando se abre la puerta del carro y la llave de encendido aún está puesta, el sistema manda una señal-pitidos para que el conductor no olvide la llave dentro del carro).

1.2.2. Productividad

La productividad es un indicador relativo que mide la capacidad de un factor productivo, o varios, para crear determinados bienes, por lo que al incrementarla se logran mejores resultados, considerando los recursos empleados para generarlos. La importancia de la productividad radica en el uso como indicador para medir la situación real de la economía de un país, de una industria o de la gestión empresarial (Miranda y Toirac 2010).

La productividad es la relación entre la cantidad de productos obtenida por un sistema productivo y los recursos utilizados para obtener dicha producción. Por tanto, evalúa la capacidad de un sistema para elaborar los productos que son requeridos y a la vez el grado en que aprovechan los recursos utilizados, es decir, el valor agregado. Una mayor productividad utilizando los mismos recursos o produciendo los mismos bienes o servicios resulta en una mayor rentabilidad para la empresa. (Cuatrecasas, 2013)

La productividad va en relación con los estándares de producción, si estos se mejoran, entonces hay un ahorro de recursos que se reflejan en el aumento de la utilidad.

$$\textit{Productividad} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Recursos utilizados en el proceso}}$$

Factores que afectan la productividad: Factores internos (terrenos y edificios, materiales, energía, maquinaria y equipo y recurso humano) y externos (disponibilidad de materiales o materias primas, mano de obra calificada, políticas estatales relativas a tributación y aranceles, infraestructura existente, disponibilidad de capital e intereses y medidas de ajuste aplicadas)

La productividad, se puede mejorar utilizando los siguientes enfoques:

- Mantener igual los resultados y disminuir los recursos.
- Aumentar la producción manteniendo los mismos costos. Como ejemplo de esto tenemos a los empleados multifuncionales y motivados, además de mejorar tareas.
- Lo ideal es combinar el aumentar la producción junto con el disminuir costos, aunque obviamente esto es más difícil de lograr.

Para Miranda y Toirac (2010), existen una serie de indicadores, agrupados en tres niveles (macro, meso y micro) que ayudan a medir con mayor facilidad la productividad. De ellos, solo se toman en cuenta los indicadores micro, puesto que se relacionan mucho más directamente con la investigación y la producción:

Capacidad

Es la producción o número de unidades que una instalación puede, gestionar, recibir, almacenar, o producir en un determinado periodo de tiempo. (Rojas, 1996)

- Capacidad proyectada o diseñada: es la máxima producción teórica de un sistema en un periodo de tiempo determinado en condiciones ideales.
- Capacidad efectiva o real: es la capacidad que espera alcanzar una empresa según sus actuales limitaciones operativas, como su combinación de productos, sus métodos de programación, su mantenimiento, y estándares de calidad.
- Utilización: es simplemente el porcentaje efectivamente alcanzado de la capacidad proyectada.

$$\textit{Utilización} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Capacidad proyectada}}$$

Eficiencia

Es el porcentaje de la capacidad efectiva alcanzada de hecha.

$$\textit{Eficiencia} = \frac{\textit{Producción real}}{\textit{Capacidad efectiva}}$$

Independientemente del modelo del proceso que se utilice, los directores de operaciones también deben determinar la capacidad. Esta decisión afecta a una gran parte del coste fijo.

También deben determinar si se satisface la demanda o si las instalaciones estarán inactivas. Si la planta es demasiado grande, parte de ella estará inactiva, con lo que se añade coste a la producción existente. Si la planta es demasiado pequeña, se pierden clientes. Así, el tamaño de la instalación es fundamental para alcanzar altos niveles de utilización. (Heizer et al, 2001)

Eficiencia Física y económica

Eficiencia física

Es la materia prima de salida empleada (producto terminado) es menor que la materia prima de entrada. Por lo tanto, la eficiencia física es menor o igual a uno.

$$**Eficiencia física = \frac{Salida\ útil\ de\ materia\ prima}{Entrada\ de\ materia\ prima}**$$

Eficiencia económica

Es la relación aritmética entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta. La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad para que se obtenga beneficios.

$$**Eficiencia económica = \frac{Ventas\ (ingresos)}{Costos\ (egresos)}**$$

1.2.3. Toma de tiempos: método para determinar número de observaciones

El número de ciclos para observarse y para obtener un tiempo medio representativo de una operación determinada se puede hacer con los siguientes procedimientos:

- a) Formulas estadísticas
- b) Usando criterio de la tabla Westinghouse
- c) Usando criterio de tabla General Electric

Estos procedimientos se aplican cuando se realizan gran número de observaciones. Si el número de éstas es limitado y pequeño se utiliza para el cálculo del tiempo normal representativo la medida aritmética de las mediciones efectuadas y en este caso considero que fueron pocas las observaciones que se realizaron, aunque no está por demás experimentar que resultados obtendríamos con estos métodos.

Valores de General Electric

Tabla N° 1. Lista de General Electric

Tiempo de ciclo (minutos)	Numero de ciclos que cronometrar
0,10	200
0,25	100
0,80	60
0,75	40
1,00	30
2,00	20
4,00 – 5,00	15
5,00 – 10,00	10
11,00 – 20,00	8
21,00 – 40,00	5
Más de 41,00	3

Fuente: (Heizer et al, 2001)

1.3 Definición de términos básicos

Capacidad: Es el volumen de producción al cual podemos aspirar alcanzar, entonces en una potencialidad. También se puede declarar con la tasa de producción. (Blanco, 2017, 1)

Diagrama de flujo: Es una representación gráfica de la secuencia de los pasos o actividades de un proceso, que incluye transportes, inspecciones, esperas, almacenamientos y actividades de retrabajo o reproceso (Gutiérrez y De la Vara 2009, 430).

Diagrama de Ishikawa: También conocido como Diagrama de Causa Efecto, considerada como una representación gráfica que permite visualizar las causas que explican un determinado problema, lo cual lo convierte en una herramienta de gestión de la calidad. (Gestión de calidad, 2017, 2)

DPMO: Defectos por millón de oportunidades. (Ching et al. 2006, 22)

DPU: Defectos por unidad. (Gutiérrez y de la Vara 2009, 114)

Flexibilidad de producción: Este factor está muy relacionado con la reducción del tiempo de espera, ya que ambos se ven impactados por la configuración del proceso. (Chapman 2006, 91)

Mejora continua: Proceso que describe muy bien lo que es la esencia de la calidad y refleja lo que las empresas necesitan hacer si quieren ser competitivas a lo largo del tiempo. (Moreno, 2012)

Planificación de la producción: Consiste en decidir las cantidades de mano de obra, materias primas, maquinaria y equipo, para realizar la fabricación que está determinada por anticipado. (Quiroz 2012)

Producción: Proceso que se caracteriza porque empleando unos factores y actuando sobre ellos son capaces de obtener un producto en forma de bien o servicio. (Adela, 2012, 3)

Productividad: Es una medida que suele emplearse para conocer qué tan bien están utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. (Chase, Jacobs y Aquilano 2009, 28)

Satisfacción: Es una sensación de placer o de decepción que resulta de comparar la experiencia del producto (o los resultados) con las expectativas de beneficios previas. (Kotler y Keller 2006, 183)

Six Sigma: Estrategia de mejora continua del negocio enfocada al cliente, que busca encontrar y eliminar las causas de errores, defectos y retrasos en los procesos. (Gutiérrez y de la Vara 2009, 420)

CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS

2.1 Tipo de estudio y diseño de contrastación de hipótesis

La investigación es aplicada, se caracteriza porque busca la aplicación o utilización de los conocimientos que se adquieren. Además, se encuentra vinculada con la investigación básica, pues depende de los resultados y avances de esta última; esto quiere decir que toda investigación aplicada requiere de un marco teórico (Ortiz y Bernal 2013).

El estudio es pre – experimental, ya que consiste en analiza una sola variable y prácticamente no existe ningún tipo de control. No existe la manipulación de la variable independiente ni se utiliza grupo control. (Zambrano 2010)

El estudio es Pre-Experimental de tipo:

$$G - O_1 - X - O_2$$

Considerando:

X: mejora propuesta

O₁: Generación de mermas y productividad del ladrillo techo
Nº 15 antes de X.

O₂: Generación de mermas y productividad del ladrillo techo
Nº 15 después de X.

Donde a un grupo se le aplica una prueba previa al estímulo o tratamiento experimental en este caso la producción de ladrillo techo N° 15, después se le administra la filosofía Six Sigma y finalmente se le aplica una prueba posterior al estímulo.

2.2. Población, muestra de estudio y muestreo

Población

Población 1: Los procesos de producción de los tipos de ladrillo:

- a) Ladrillo de techo 8
- b) Ladrillo de techo 12
- c) Ladrillo de techo 15
- d) Ladrillo de techo 20
- e) Ladrillo King Kong estándar
- f) Ladrillo King Kong 4
- g) Ladrillo Súper King Kong
- h) Ladrillo Pandereta
- i) Ladrillo Panderetón

Población 2: Los trabajadores del área de producción de todos los tipos de ladrillo. Compuesta por:

**Tabla N° 2. Número de trabajadores de la empresa
Cerámicos Lambayeque**

ÁREA	N° de trabajadores
Mezclado	2
Formado	56
Secado	24
Horneado	36
TOTAL	118

Fuente: Elaboración Propia, datos Cerámicos Lambayeque.

Muestra

Muestra 1: Los procedimientos de producción de ladrillo de techo N° 15 – Periodo 2014. Ver figura N° 27.

Muestra 2: Los trabajadores del área de producción del ladrillo de techo N° 15 – Periodo 2014.

2.3. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de datos

La recolección de datos de la investigación se llevará a cabo a través de la observación, entrevistas, análisis de documentos, recolección de tiempos con sus respectivas hojas de registro, revisión de datos de las incidencias de producción utilizando técnicas e instrumento de seis sigmas que consiste en Ishikawa, diagrama de flujos. Ver figura 8.

2.4. Plan de procesamiento para análisis de datos

Los datos recolectados serán procesados debidamente en el software SPSS, con el propósito de generar las métricas respectivas a distribución de datos, medidas de tendencia central, medidas de dispersión, diagramas de dispersión, pruebas de hipótesis estadísticas que nos permitan responder a los indicadores planteados. Ver tabla N° 3.

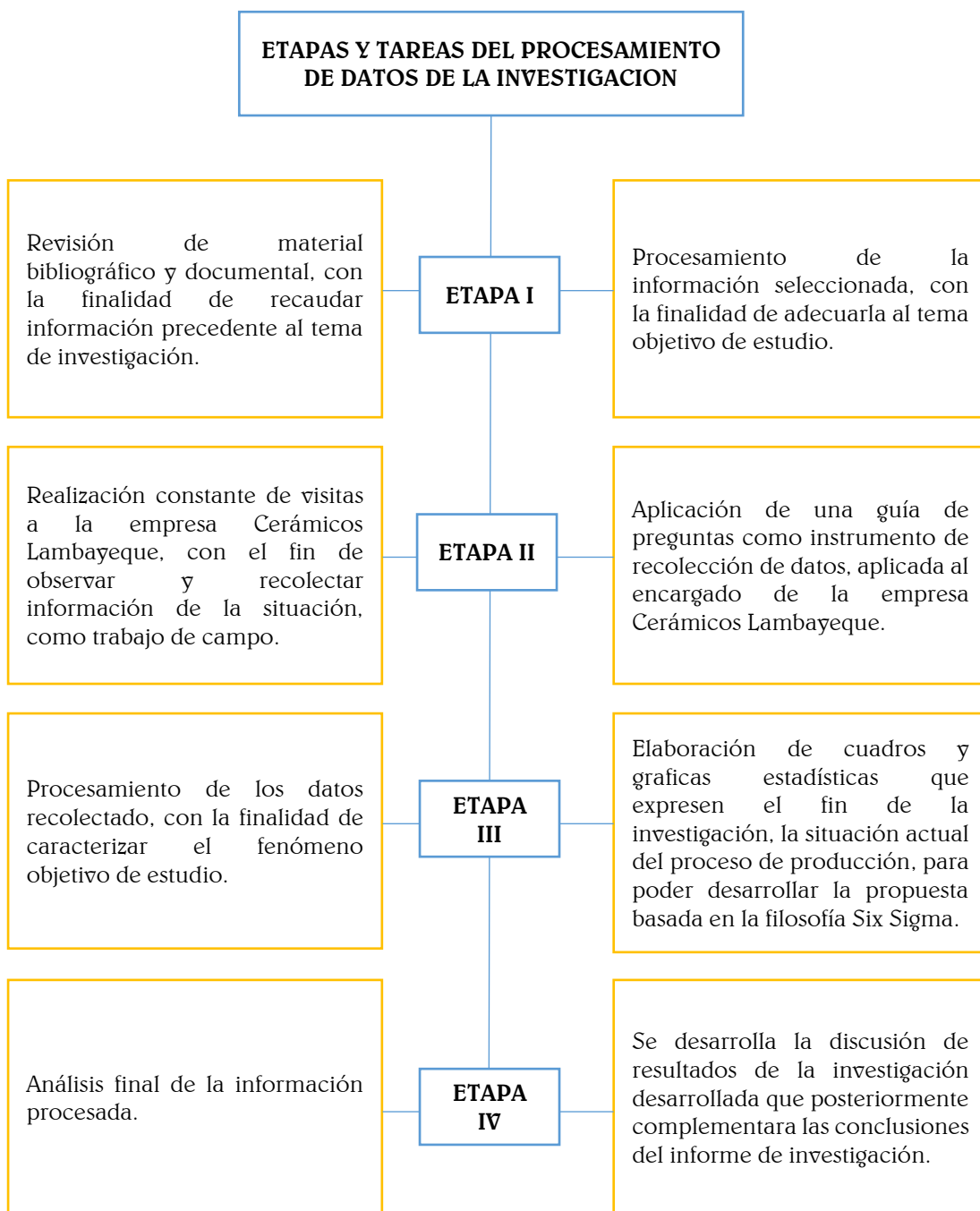


Figura 8. Procedimientos para la recolección de datos

Fuente: Elaboración propia.

Tabla N° 3. Plan de implementación de la filosofía Six Sigma

Actividades	Meses								
	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Iniciativa de implementación.									
Estudio de viabilidad y pertinencia de la metodología.									
Decisión de implementar la metodología y comunicación.									
Capacitación primera promoción.									
Capacitación "light" personal involucrado en proyectos.									
Ejecución de proyectos (primera promoción) incluyendo selección de proyecto, selección de equipo de trabajo.									
Capacitación segunda promoción.									
Capacitación "light" personal involucrado en proyectos.									
Ejecución de proyectos (segunda promoción) incluyendo selección de proyecto, selección de equipo de trabajo.									
Evaluación de resultados obtenidos.									

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Diagnóstico de situacional de la calidad del proceso de producción de ladrillo de techo

3.1.1. El Sector Construcción en Lambayeque

El Sector Construcción creció 4,75%, tal y como se puede ver en la figura 9, y la inversión del avance físico de obras aumentó en 1,68%. El empleo en el Sector Construcción en julio del 2014 presentó un crecimiento del 13,50%.

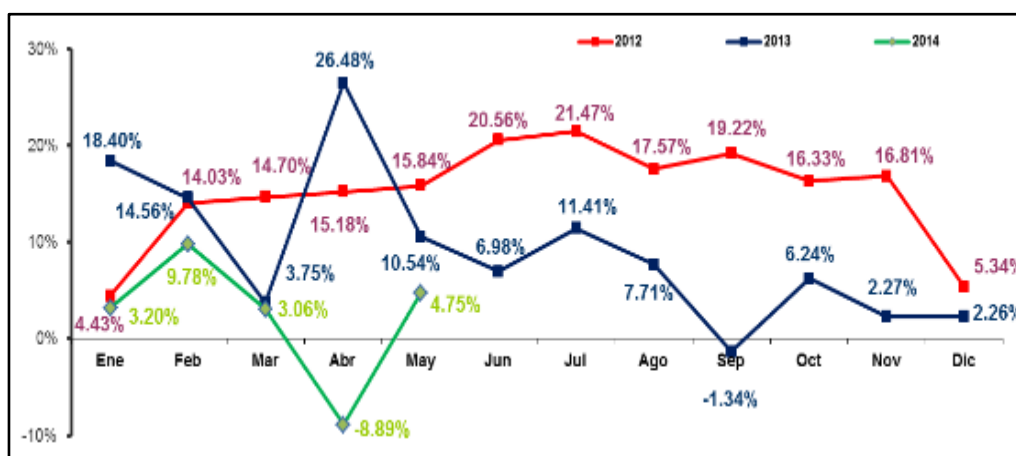


Figura 9. Evolución mensual de la Actividad del Sector Construcción del Perú (PBI de construcción): 2012- 2014 – Variación porcentual respecto al mes anterior (%)

Fuente: INEI.

En este contexto surgieron 11 empresas formales de fabricación mecanizada de ladrillos de arcilla, entre las que se encuentra Cerámicos Lambayeque S.A.C. Esta última forma parte del Grupo Induamérica y fue creada en enero de 2007 con capitales privados cien por ciento chiclayanos; es una joven y sólida empresa cuya actividad principal es la

fabricación y comercialización de ladrillos de arcilla, las cualidades de su producto son destacadas por contener una geometría y acabado perfecto, buen comportamiento termo acústico y con gran resistencia a la compresión, brindando de esta forma la mayor calidad posible. Actualmente, entre las 11 empresas producen 40,100 t/mes, tal como se ve en la Tabla N° 4.

Tabla N° 4. Producción mensual de empresas fabricantes y comercializadoras de ladrillo de arcilla en el departamento de Lambayeque

Razón Social	Producción Mensual (t/mes)
Ladrillos Peruanos S.A.C. (**)	4 000
Ladrillos Fortaleza S.A.C. (*)	4 000
Cerámicos Sol del Norte S.A.C. (*)	3 600
Cerámicos Chalpón S.A.C. (*)	3 000
Ladrillera Morales E.I.R.L. (*)	500
Ladrillos Fortes - La Tercer (*)	4 500
Ladrillos Ital Perú (*)	4 000
Ladrinorte S.A.C. (*)	2 500
Ladrillos Inka Forte S.A.C. (*)	2 000
Cerámicos Lambayeque S.A.C. (*)	11 000
Ladrillos Lark (**)	11 000
TOTAL	50 100

Fuente: Cámara Peruana de la Construcción – Filial Lambayeque

(*) Tecnología: Mecanizada

(**) Tecnología: Automatizada

Las ladrilleras artesanales lambayecanas son 115 en total; como se muestra en la Tabla N°05. En el estudio diagnóstico sobre las Ladrilleras Artesanales en el Perú, elaborado por el Programa Regional de Aire Limpio y el Ministerio de la Producción (2010) señala que dichas ladrilleras producen alrededor de 22 millares de ladrillos cada una por mes, si este dato lo multiplicamos por el peso del ladrillo más comercial entre estas (Ladrillo King Kong Estándar: 3 Kg.) obtenemos que cada ladrillera artesanal produce aproximadamente 66 t/mes; es así que este dato multiplicado por el total de ladrilleras artesanales da un resultado de 7590 t/mes entre todas.

Tabla N° 5. Distribución de productores ladrilleros artesanales en Lambayeque

Departamento	Provincia	Distrito	Zona	N° de empresas
Lambayeque	Chiclayo	José Leonardo Ortiz	Carretera Chiclayo – Ferreñafe	50
Lambayeque	Chiclayo	Chiclayo	Salida de Chiclayo hacia el Sur	10
Lambayeque	Chiclayo	Monsefu	Camino Chiclayo – Monsefu y en el caserío Callanca	25
Lambayeque	Ferreñafe	Ferreñafe	Salida de Ferreñafe	10
Lambayeque	Lambayeque	Lambayeque	Salida de Lambayeque	20
Total				115

Fuente: Dirección Regional de Producción Lambayeque - Subdirección de Industrias, 2014

3.1.2. Empresa Cerámicos Lambayeque S.A.C.

La Empresa Cerámicos Lambayeque S.A.C., está situada geográficamente en el departamento de Lambayeque, localizada en la Carretera Panamericana Norte Km. 777- Chiclayo – Lambayeque; es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de ladrillos para la región Norte del País.

El Organigrama del personal de la empresa está diseñado en dos niveles de responsabilidad complementarias, tal como se visualiza en la figura 10.

El producto propiamente dicho es ladrillo, es elaborado por la mezcla de arcilla que ha sido tamizado, amasado, extruido, cortado, secado y cocido; es de forma rectangular que, sirve para construir muros, habitaciones, entre otros.

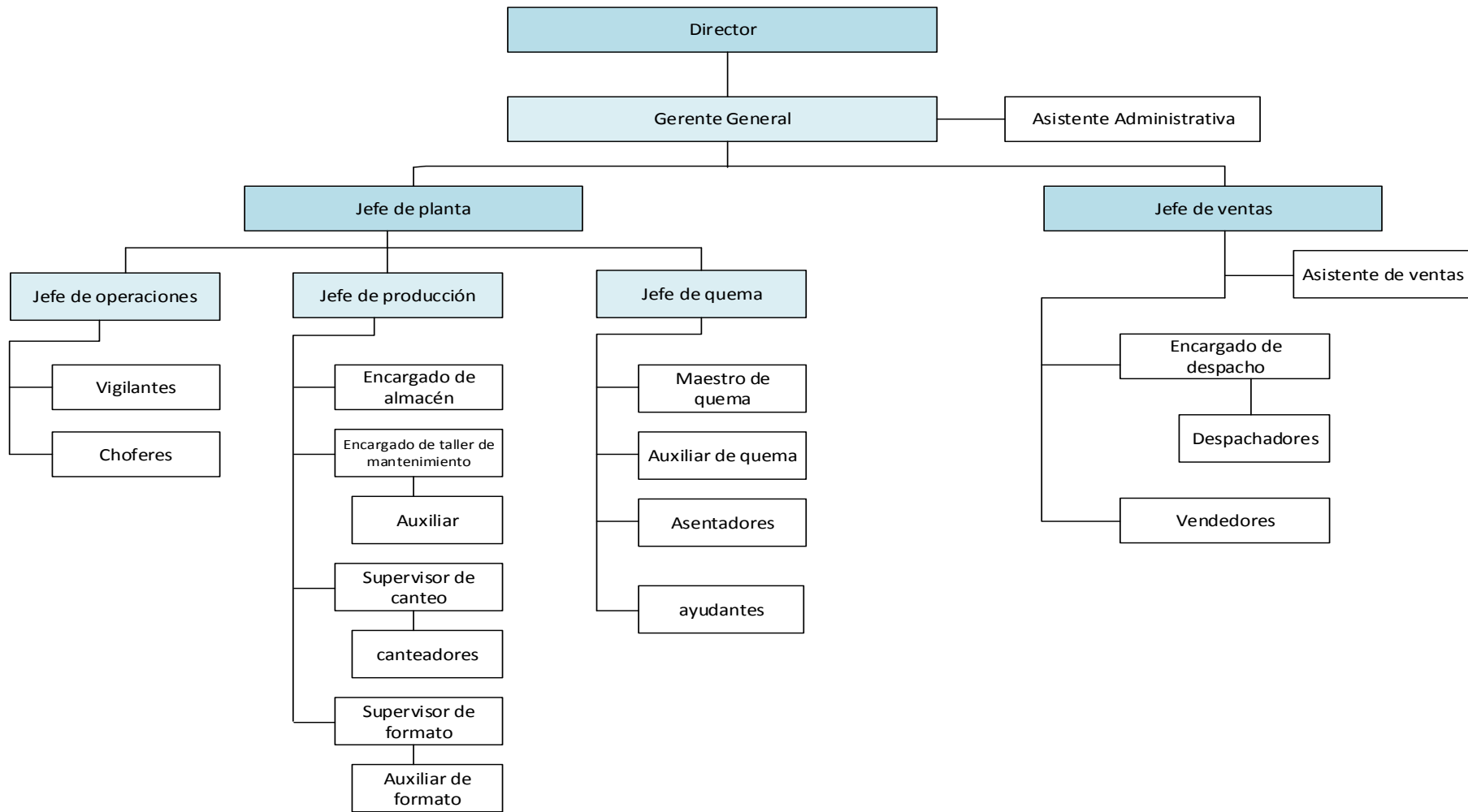


Figura 10. Organigrama Actual de la empresa Cerámicos Lambayeque

Fuente: Cerámicos Lambayeque, 2014

En la tabla N° 6, se detallan las dimensiones y pesos de los siete tipos de ladrillo que “Cerámicos Lambayeque” actualmente produce, destacando al ladrillo motivo de la investigación:

Tabla N° 6. Características principales de ladrillo según formato

Tipo de ladrillo	Largo (cm)	Ancho (cm)	Altura (cm)	Peso (kg/ladrillo)
Estándar	24	12	9	3
Tipo IV	24	13	9	4
Techo 8	8	30	30	4,7
Techo 12	12	30	30	7
Techo 15	15	30	30	8
Pandereta	22	11	9	2
Súper King Kong	19	12	39	9

Fuente: Información adaptada de Cerámicos Lambayeque SAC, 2014.

La capacidad de planta es de 11 000 t/mes, pero por diversos inconvenientes, esta se ve reducida a 8 400 t/mes (350 t/día x 24 días), esta reducción (2 600 t/mes) se debe a las mermas generadas durante el proceso de producción, en promedio 17% a 18%, tal como se ve en la siguiente tabla N° 7.

Durante el análisis del proceso productivo se detectó que, el alto porcentaje de mermas se origina principalmente en la etapa de mezclado, por la falta de un sistema de dosificación que origina que no se tenga la cuantificación adecuada de la mezcla de materias primas generándose pérdidas al ser transportado al zarandeo; si se manejara el proceso bajo la filosofía Six Sigma, se obtendría mayor flexibilidad para producir diferentes formatos de ladrillo y se reduciría el tiempo en el proceso de producción, eliminándose el tiempo de medición de las proporciones de materia prima y la preparación de estas. Ver figura N° 28, diagrama de recorrido de las operaciones de producción de ladrillo techo N° 15.

Tabla N° 7. Valorización y porcentaje de mermas. Enero - Diciembre

2014

MES	Costo de Producción (S/.)	Valorización de la merma (S/.)	Merma (%)
Enero	677 170	178 735	26,40%
Febrero	814 311	148 350	18,20%
Marzo	932 302	27 707	3,00%
Abril	1 000 083	138 523	13,90%
Mayo	960 209	118 385	12,30%
Junio	980 704	140 427	14,30%
Julio	1 025 456	55 417	5,40%
Agosto	878 635	37 233	4,20%
Septiembre	796 156	152 289	19,10%
Octubre	937 619	197 754	21,10%
Noviembre	792 281	419 019	52,90%
Diciembre	845 839	148 016	17,50%
Total	10 640 765	1 761 855	16,56%

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

3.1.3. Descripción el proceso de producción

A continuación, se detallan las etapas del proceso de producción del ladrillo N° 15:

- Recepción y almacén de materias primas

Las materias primas son almacenadas en un área determinada de la empresa, son expuestas al aire libre para su rápida disposición, sin embargo, esto puede generar pérdidas. (Ver Figura 11)

Cabe resaltar que, la mayoría de las materias primas tienen en su composición arcilla (aproximadamente el 70%), ya que es una sustancia mineral plástica compuesta esencialmente de silicatos de aluminio hidratados en su mayor parte y en menor proporción por minerales y sustancias de naturaleza orgánica.



Figura 11. Área de Almacén de materia prima

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Mezcla**

Las materias primas se mezclan de acuerdo a la formulación mensual que el jefe de producción programa según el tipo de ladrillo que se desea fabricar, ya que las proporciones no son las mismas para todos; también, se basa en el promedio de las mermas que se obtienen al realizar dicha formulación (se mide por volquete de 15 m³); es decir, realizan pruebas para determinar qué cantidades o proporciones de cada materia prima se necesita utilizar para que genere menor merma o cuál de ellas simplemente no se debería usarse.

En el caso de ladrillo techo N° 15, se aproxima a la necesidad de 700 toneladas de materias primas para la producción de 100 millares de ladrillos.

- **Molienda**

La mezcla se transporta a una tolva de molienda (ver Figura 12) donde se trituran y/o rompen los terrones existentes en ella, aquí un operario verifica visualmente la cantidad que ingresa de acuerdo con la capacidad de la máquina e inspecciona si la mezcla después de ser triturada trae consigo piedras o material particulado, de ser así los extrae y los coloca en una carretilla para luego dejarlos como desperdicio. Posteriormente la

mezcla pasa por una faja transportadora a la maquina tamizadora rotativa.



Figura 12. Merma en tolva de molienda

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Zarandeo y Amasado**

Aquí se tamiza la mezcla en una máquina zaranda (ver Figura 13) para obtener partículas uniformes, estas pasan por una faja transportadora a la maquina amasadora, cuya función es formar una “masa cerámica plástica” mediante la adición de agua.

Cabe resaltar que, se realiza una segunda molienda para las partículas que no fueron convenientemente trituradas y que el flujo de agua necesario para formar la masa plástica es controlado visualmente por un operario según la presión que ejerce dicha máquina; por ejemplo, si se observa que la máquina está ejerciendo mayor presión en su funcionamiento, entonces se agrega mayor flujo de agua a la mezcla. Posteriormente, la masa cerámica plástica pasa por una faja transportadora a la máquina Laminadora.



Figura 13. Merma en maquina Zaranda

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Laminado**

Operación realizada por la maquina laminadora (ver figura 14), necesaria para compactar la masa quitando el aire que se forma en el grumo y homogeneizando la misma, esta masa pasa por una faja transportadora a una máquina de vacío.



Figura 14. Merma en la máquina Laminadora

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Formado o Moldeado**

El área de formado (ver figura 15) no cuenta con maquinaria adecuada, presentándose averías o fallas en la maquinaria o equipos del proceso lo que genera que se tomen acciones correctivas para la revisión de dicha maquinaria o equipo y su posterior puesta en marcha, esto hace que desacelere el tiempo de producción y/o que exista tiempo muerto.



Figura 15. Área de Formado

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Consiste en vaciar la “masa cerámica plástica” en una cámara de vacío (ver Figura 16), de la cual la mezcla sale a través de una boquilla, que es una plancha perforada en forma del ladrillo que se quiere elaborar; aquí se forma un molde continuo es por eso que posteriormente es cortado por un alambre (ver Figura 17) que es girado por una polea empotrado en una faja transportadora; al mismo tiempo, se coloca a cada ladrillo crudo obtenido el sello de la empresa “Cerámicos Lambayeque” (ver Figura 18).



Figura 16. Cámara de vacío

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.



Figura 17. Cortadora de ladrillo

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.



Figura 18. Rodillo para sello de ladrillo

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Simultáneamente, uno o dos operarios según la disponibilidad del personal colocan los ladrillos sobre la caja de la moto de carga (ver Figura 19), para luego ser llevados hasta el área de secado.



Figura 19. Carga del ladrillo a la motocarga

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Todo ladrillo que presentan algunas fisuras son descartados en esta etapa, y no se llevan a la etapa de secado (ver figura 20).



Figura 20. Merma del ladrillo antes de llevar al secado

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Secado**

El producto es trasladado por vehículos (ver Figura 21) al área de secado – pampa, estas rutas tienen piso de tierra a desnivel y como el ladrillo está en crudo el movimiento brusco causa grietas o fisuras entre ellos sumando merma al proceso. El proceso de secado se realiza al aire libre, consiste en reducir la humedad aproximadamente en 20% del ladrillo aún crudo antes de su ingreso al horno de cocción, con una duración aproximada de 5 a 7 días en promedio, según el tipo de ladrillo a fabricar. La merma en este proceso del 100% es aproximadamente de 20%.

Al día la producción llega aproximadamente a un total de 40 000 ladrillos de techo N° 15, de los cuales durante el transporte al secado solo llegan intactos, sin fisuras o aspectos que no permiten garantizar la calidad del producto, un total de 32 000 ladrillos aproximadamente, lo que quiere decir que un 20% se está desperdiciando como ya se explicó en el párrafo anterior.



Figura 21. Traslado del área de formado a la pampa de secado

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Se cubren los ladrillos con esteras (ver Figura 22) y/o mallas de rashel (mantas), para evitar de alguna manera el origen de fallas de ladrillo (tales como grietas o fisuras) y por ende su descarte. Además, para homogeneizar el proceso de secado se cantean los ladrillos, es decir, los operarios voltean los ladrillos, transcurrido unos tres días aproximadamente desde que empieza la etapa, causando pérdidas, ya que lo ejecutan sin tener precauciones, ni movimientos establecidos. Luego se transportan y cargan los ladrillos pre secados al horno tipo Hoffman.



Figura 22. Área de secado

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Cocción**

Comienza con la limpieza del horno retirando las cenizas del proceso anterior, luego se coloca los ladrillos de forma alterna en el interior del horno, separándolos por paquetes, para permitir que el flujo de calor circule por todos los ladrillos, y de esta manera alcanzar una cocción uniforme.

En este proceso los ladrillos son cocidos, en el que por acción del fuego y el calor se producen cambios químicos que transforman la arcilla y los demás componentes en productos sinterizados o vitrificados con características estructurales de resistencia a la compresión.

Esta es la etapa más importante en el proceso de fabricación porque cualquier falla significará la pérdida de la producción; así mismo, la cocción genera los mayores impactos de la actividad en la forma de emisiones atmosféricas procedentes de la quema de combustibles en los hornos donde se cuecen los ladrillos.

La cocción se realiza en hornos de tipo Hoffman (ver Figura 23), hornos de operación continua y de alta producción, son de planta rectangular compuesta por una gran galería anular de sección abovedada dividida en cámaras cuya longitud y número de bocas es variable, este sistema permite que el flujo de calor se desplace por las cámaras de forma secuencial, mientras en una sección se está cociendo el material, en la siguiente, se empieza a elevar la temperatura al tiempo que en la anterior, el material ya cocido, empieza a enfriarse permitiendo ser descargado y llenado de nuevo. De esta forma, se reducen los cambios bruscos de temperatura consiguiendo una cocción paulatina y homogénea y un funcionamiento del horno más eficiente al aprovecharse al máximo el calor generado.



Figura 23. Área de Cocción (Hornos Tipo Hoffman)

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Cabe resaltar que, utilizan como combustible carbón mineral pulverizado a veces mezclado con aserrín, cáscara de arroz o de café, e incluso arroz molido; y que las temperaturas de cocción para ladrillos y otros productos de cerámica fina y de construcción empiezan a 950°C (ver Figura 24) terminando el proceso de cocción como máximo en 1100°C . (Los combustibles mencionados se pueden ver Anexo 01, III)



Figura 24. Control de cocción y temperatura

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Una vez que la cocción concluye, según la tecnología empleada en el proceso se ventila el horno o la cámara de cocción para

enfriar el ladrillo cocido, para luego retirarlo del horno de forma manual cargando los ladrillos a un camión de carga y desechando los ladrillos sobre cocidos o quemados (ver Figura 25).

El manipuleo de los ladrillos en esta actividad también puede generar emisiones fugitivas de polvo y cenizas al ambiente.



Figura 25. Merma de ladrillo

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- **Clasificación**

La ladrillera envía a un laboratorio muestras de ladrillo producidos por lote, para determinar si se están obteniendo las características estructurales requeridas. Luego los ladrillos descargados se clasifican según el resultado de la cocción.

Un ladrillo para no ser defectuoso debe reunir cualidades de:

- Homogeneidad en toda la masa (ausencia de fisuras y defectos).
- Dureza para resistir cargas pesadas (resistencia a la flexión y compresión).

- Formas regulares, para que los muros construidos sean de espesor uniforme (aristas vivas y ángulos rectos).
 - Coloración homogénea, salvo que se tenga interés en emplearlos como detalle arquitectónico de coloración.
- **Almacenamiento**

Los ladrillos clasificados son almacenados por paquetes “pallets” de acuerdo con sus cualidades en el área de producto terminado, para hacer fácil su despacho; sin embargo, no se almacenan en un área segura, ya que están expuestos al sol excesivo o a la humedad que de alguna manera podrían mermar su calidad (ver Figura 26).



Figura 26. Merma de ladrillo

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

3.1.4. Análisis del proceso de producción

En el diagrama de bloques (ver Figura 27), se muestran las entradas y salidas de materias primas e insumos durante el proceso de producción, asimismo, los parámetros de producción con respecto a sus principales variables necesarias para obtener el producto deseado.

Dando inicio con la recepción de los insumos, de los cuales se da el ingreso a cantidades necesarias considerando la producción que se

trabaja, pasa a un mezclado, luego a un tamizado pasando a una molienda secundaria.

Pasa nuevamente al tamizado en el cual se le agrega agua para pasar al amasado de la mezcla, posterior a ellos pasa a un laminado y a una extrusión, en la cual se presencia mermas del ladrillo.

En la etapa de secado, el ladrillo debe tener por lo menos 20% de humedad, para que pueda pasar a la etapa de cocción, dónde alcance una temperatura máxima de 900°C. Finalmente pasa al enfriado y almacenado del ladrillo final.

Asimismo, se presenta el diagrama de recorrido para la producción de 100 ladrillos (figura 28) y el diagrama de operaciones que se sigue para la elaboración del producto final (figura 29).

En la tabla N° 8, se describe de forma más precisa las actividades u operaciones que engloban los subprocesos, la cantidad de personal y los sueldos que involucra realizar por el servicio que prestan.

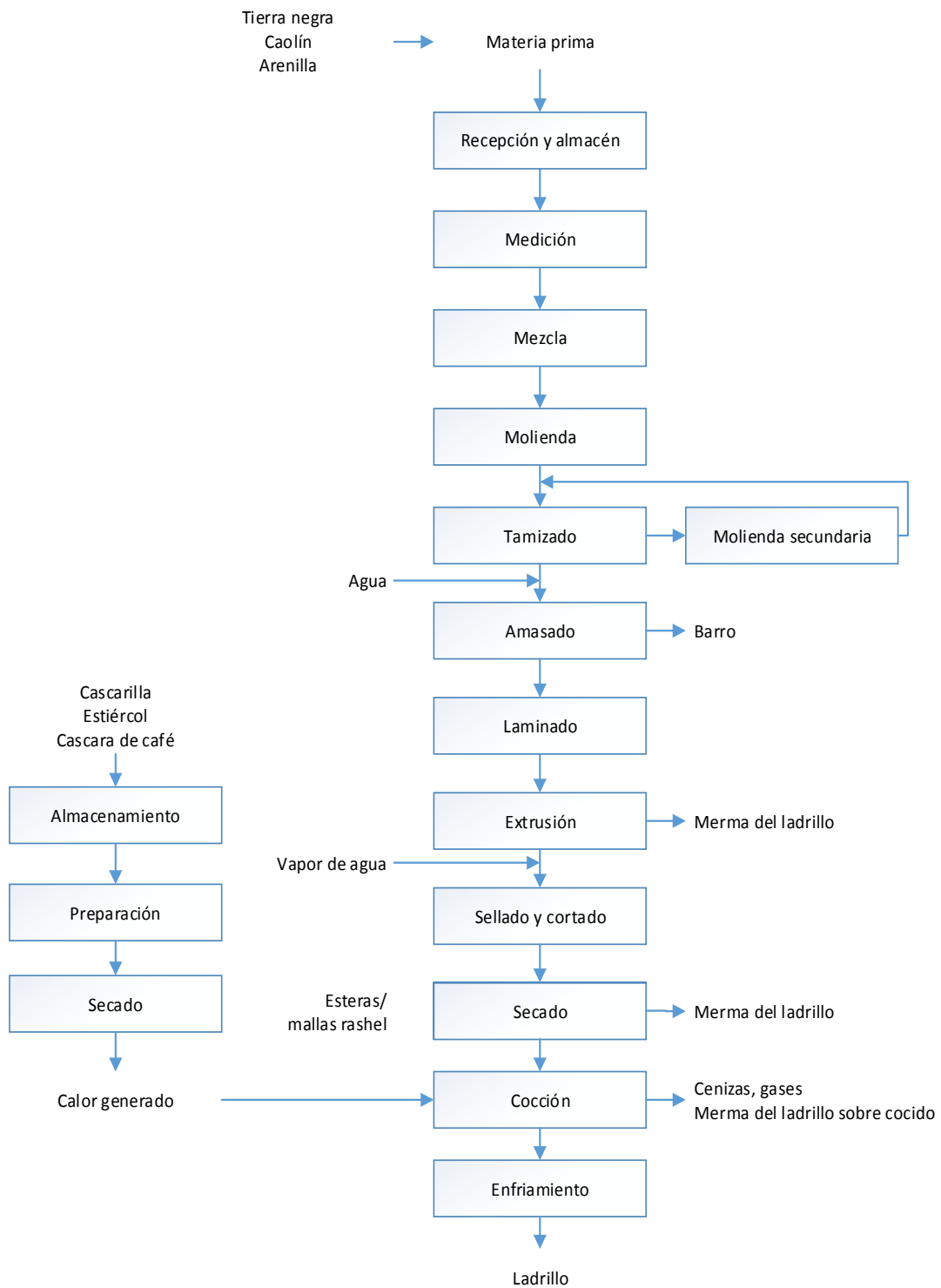


Figura 27. Diagrama de bloques del proceso de producción del ladrillo

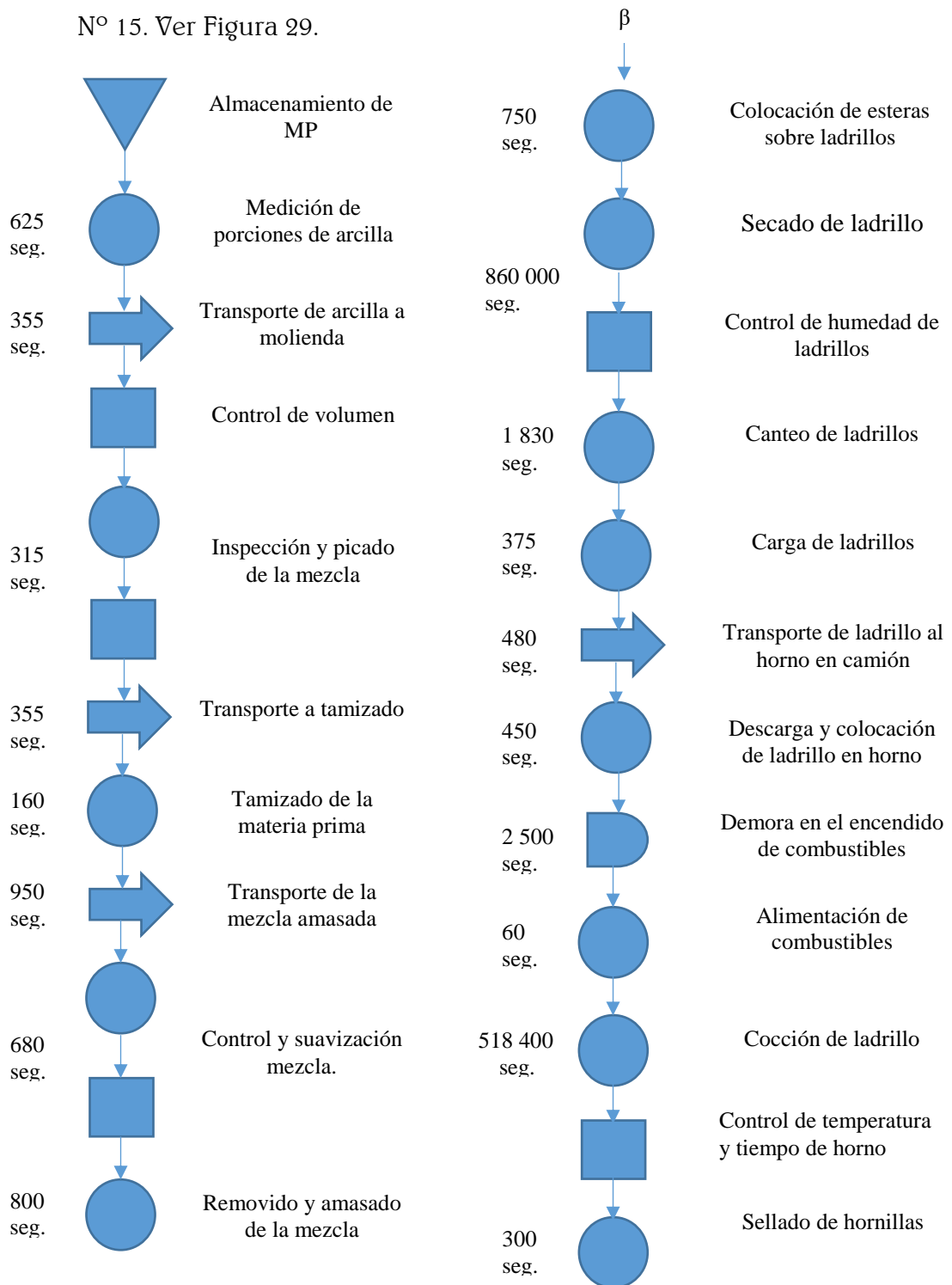
Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

N°	Etapas	Descripción de actividades	Distancia (m)	Tiempo(seg.)	Operación	Transporte	Demora	Inspección	Almacenamiento
					●	➔	◐	■	▼
1	Mezcla	Almacenamiento de materia prima	-	-					*
2		Medición de porciones de arcilla	-	625	*				
3		Transporte de arcilla a tolva de molienda	278.6	355		*			
4		Control de volumen de materia prima en tolva de molienda	-	-				*	
5		Inspección y picado manual de la mezcla obtenida	-	315	*			*	
6		Llevar la mezcla de la tolva de molienda para su tamizado por fajas transportadoras.	6	355		*			
7		Tamizado de materia prima	-	160	*				
8	Formado	Llevar la mezcla de tamizado ha amasado por fajas transportadoras.	-	950		*			
9		Control y Suavización de mezcla mediante remojo de agua	-	680	*			*	
10		Remojo y amasado de mezcla	-	800	*				
11		Llevar la mezcla del amasado a laminado por fajas transportadoras.	3	850		*			
12		Laminado	-	970					
13		Demora en la preparación y limpieza de máquinas para moldeo.	-	875				*	
14		Llevar mezcla a la máquina de moldeo por medio de fajas transportadoras.	3	525		*			
15		Moldeado o formado de ladrillos	-	725					
16		Sellado de ladrillos	-	690	*				
17	Corte de ladrillos	-	1145				*		
18	Secado	Preparación de moto carga	-	60					
19		Colocación de ladrillos a moto carga	-	200	*				
20		Demora en el Control de unidades producidas	-	100				*	
21		Transporte de ladrillo a área de secado	172	280		*			
22		Apilamiento de ladrillo crudo	-	80					
23		Colocación de esteras sobre los ladrillos	-	750	*				
24		Secado de ladrillos	-	860000	*				
25		Control de humedad de ladrillos en el área de secado	-	-				*	
26		Canteo de ladrillos	-	1830	*				
27	Horneado	Carga de ladrillos	-	375	*				
28		Transporte de ladrillos al horno en camión de carga	172	480		*			
29		Descarga y Colocación de ladrillos dentro del horno	-	450	*				
30		Demora en el Encendido de combustibles	-	2500				*	
31		Alimentación de combustibles cada 30 minutos	-	60		*			
32		Cocción de ladrillo	-	518400	*				
33		Control de temperatura y tiempo de horno.	-	-				*	
34		Sellado de hornillas	-	300					
35	Demora en el enfriamiento del horno en forma natural	-	43200				*		
36	Almacén	Carga de ladrillos	-	500	*				
37		Control de ladrillos defectuosos	-	-				*	
38		Transporte de ladrillos a almacén	85	300		*			
39		Descarga de ladrillos	-	200	*				
40		Almacén de producto terminado	-	-					*
TOTAL			719.6	1440085	22	8	5	6	2

Figura 28. Diagrama de recorrido de producción basado en 100 ladrillos

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Teniendo en cuenta los datos presentados en la figura 28, se puede desarrollar el diagrama de operaciones detallado de acuerdo con los sub procesos de los procesos que se siguen para fabricación de ladrillo techo N° 15. Ver Figura 29.



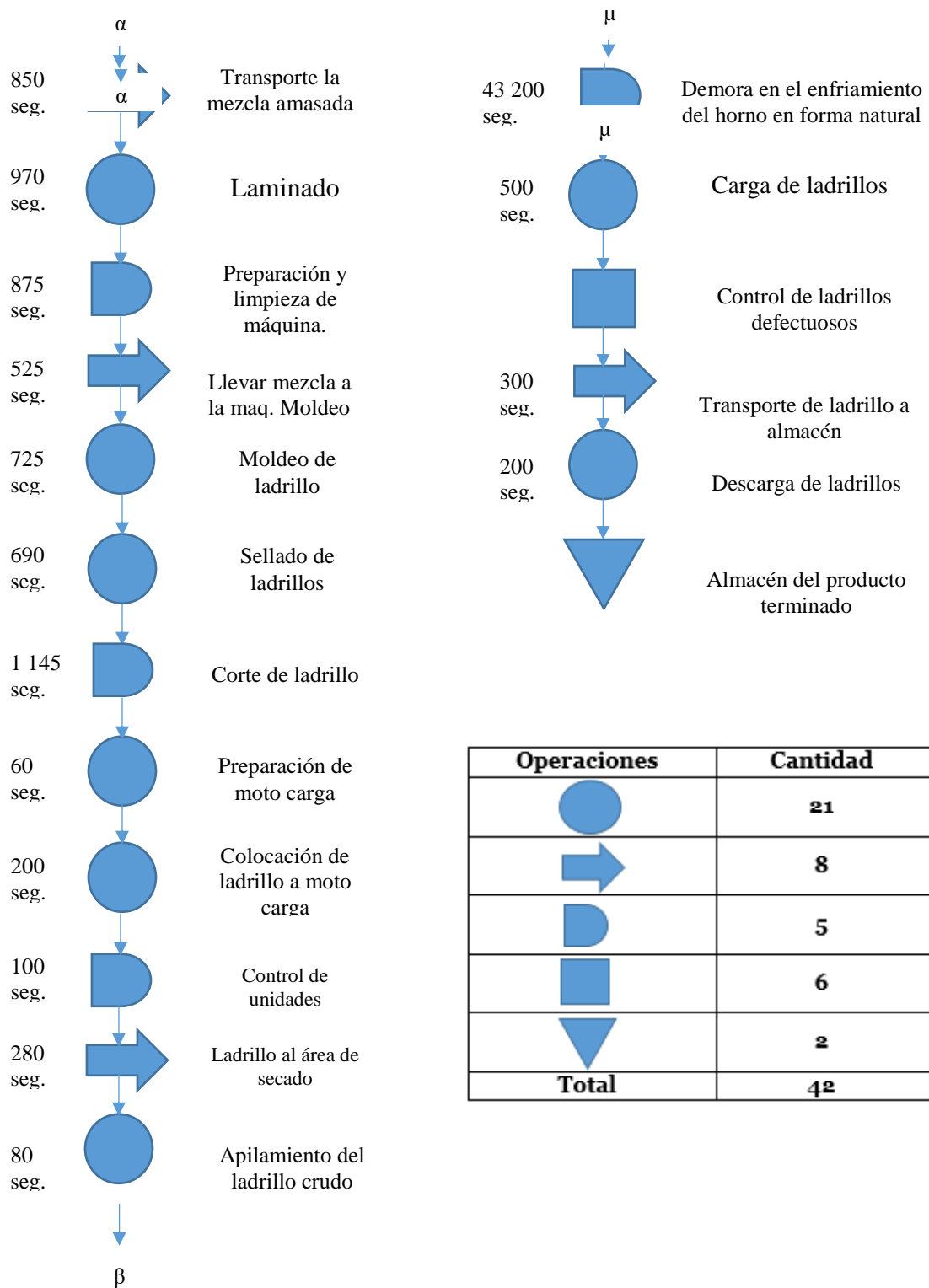


Figura 29. Diagrama de operaciones de la producción de ladrillo
 Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Además, se puede observar el elevado tiempo de producción, dado que desde su ingreso de la materia prima a la etapa de mezclado hasta su salida del horno demora aproximadamente 1 mes, lo cual resta competitividad en el mercado en comparación con plantas automatizadas quienes lo hacen en 2 o 3 días como máximo.

La elaboración de ladrillos de arcilla con este tipo de tecnología ocasiona un alto costo de producción; el cual se debe a las mermas (18%) y a una gran carga laboral (ver Tabla N° 9) con capacidad: 8 060 t/mes, además de una alta deserción de los trabajadores del área de producción debido a que se requieren actividades con mayor esfuerzo en una planta con tecnología tradicional reflejándose en fatiga, cansancio por parte del trabajador, que además labora en un ambiente desagradable por la presencia de ruidos, polvo, gases, vibraciones y altas temperaturas, ocasionando que muchos de ellos trabajen por un corto periodo de tiempo abandonando la empresa.

En la tabla N° 8 se presenta el número total de trabajadores con los que cuenta la empresa, dentro de los cuales se puede calcular un porcentaje del 24% que brindan sus servicios para la fabricación de ladrillo techo N° 15, que se presenta con más detalle en la tabla N°14.

Tabla N° 8. Cantidad de empleados de las áreas de producción de Cerámicos Lambayeque

MANO DE OBRA (carga laboral)		
ÁREA	CANTIDAD DE PERSONAL	TOTAL, SUELDOS (S/. 750 /mes x empleado)
Mezclado	2	1 500
Formado	56	42 000
Secado	24	18 000
Horneado	36	27 000
TOTAL	118	88 500

Fuente: Cerámicos Lambayeque, 2014

Aproximadamente el 8,13% del costo de producción se debe al pago de asentadores, quienes transportan los productos del área de secado al horno y del horno al almacén, como se puede observar en la tabla N° 11, con más detalle en el anexo 1; cabe destacar que una planta automatizada el primer transporte (secado-horno) se realiza sin la intervención de mano de obra mediante transbordadores, los cuales contienen los balancines con el producto y el segundo transporte (horno-almacén) se realiza mediante un pato cargador, el cual va conducido por un empleado.

Tabla N° 9. Costo por transporte de producto de las áreas de secado – cocción y cocción – almacén de Enero – Diciembre de 2014

Mes	Costo de Producción (S/.)	Transporte de Área secado-pampa al Horno (Asentadores Carga) S/.	Transporte de horno al almacén (asentadores) S/.	Transporte/ Costo de Producción
Enero	845 839	33 644,91	27 981,74	7,29%
Febrero	792 281	45 129,31	24 299,70	8,76%
Marzo	937 619	49 969,42	30 730,80	8,61%
Abril	796 156	48 161,18	26 873,08	9,42%
Mayo	878 635	59 695,69	37 008,36	11,01%
Junio	1 025 456	46 701,60	17 887,64	6,30%
Julio	980 704	46 567,99	21 418,51	6,93%
Agosto	960 209	48 727,99	27 021,07	7,89%
Septiembre	1 000 083	42 123,81	31 287,63	7,34%
Octubre	932 302	52 076,05	27 955,82	8,58%
Noviembre	814 311	33 878,32	15 554,85	6,07%
Diciembre	677 170	41 987,22	21 107,33	9,32%
Total	10 640 765	548 663,49	309 126,53	8,13%

Fuente: Empresa Cerámicos Lambayeque SAC

Los métodos de producción de Cerámicos Lambayeque con tecnología vencida originan un alto costo de producción, aún con las buenas características de su ladrillo solo un 15% de sus productos son vendidos en Lambayeque, dado que esta zona prefiere precios más bajos comprando ladrillos artesanales o aquellos provenientes de empresas informales. Este último tipo de empresas está ganando la batalla en el sector ladrillero dado que los informales manejan menos costos,

mantienen costos ficticios e irreales por todas las aportaciones de ley que dejan de efectuar, costos ínfimos en su producción, entre otros; sin embargo la informalidad supone una asignación de recursos deficiente que conlleva a la pérdida, por lo menos parcial, de las ventajas que ofrece la legalidad: la protección policial y judicial, el acceso al crédito formal y la capacidad de participar en los mercados internacionales. Por tratar de eludir el control de Estado, muchas empresas informales siguen siendo pequeñas con un tamaño inferior al óptimo, utilizan canales irregulares para adquirir y distribuir bienes y servicios, y tienen que utilizar recursos constantemente para encubrir sus actividades o sobornar a funcionarios públicos.

Es así como, a pesar del escenario sombrío que crea la informalidad Cerámicos Lambayeque sigue apostando por su región; porque, aunque los demás vendan 'barato', ellos tienen un buen producto, un buen desarrollo de marca y nombre, así como trascendencia del producto y una buena percepción externa. Además de ello, se cree que los altos costos de producción pueden ser disminuidos con la reubicación de planta y modernización del proceso productivo, respaldados económicamente por el Grupo Induamérica al cual pertenece esta empresa y otras más (Altomayo, Molino Induamérica, Piedra Sicán, entre otras), el cual es el tema que aborda en la presente investigación; dado que, de esta forma, podrían entrar a competir con un producto de buena calidad y un precio más bajo.

3.1.5. Análisis de producción de ladrillo techo N° 15

Se analizó el proceso de producción de ladrillos en general, a partir de ese análisis se detalla el proceso de estudio que es ladrillo techo N° 15. Como se presenta en la tabla N°10.

Tabla N° 10. Producción por proceso del ladrillo techo N° 15 año 2014. Cerámicos Lambayeque.

Mes	Crudo-Proceso	Quemado	Producción en proceso	Producción Terminado
Enero	925	589	668	536
Febrero	882	238	272	210
Marzo	878	891	894	505
Abril	848	891	1 166	893
Mayo	1 089	940	958	421
Junio	684	589	1 069	410
Julio	287	720	520	723
Agosto	1 955	1 486	1 528	1 184
Septiembre	2 608	1 601	1 595	491
Octubre	649	540	418	1 061
Noviembre	1 810	1 500	1 539	1 005
Diciembre	1 653	1 039	894	793
Total toneladas	14 268	11 024	11 521	8 232
Total Millares	1 783,50	1 378,00	1 440,13	1 029,00

Fuente: Empresa Cerámicos Lambayeque SAC.

Tabla N° 11. Mermas del proceso del ladrillo techo N° 15 año 2014. Cerámicos Lambayeque.

Mes	Crudo-Proceso	Producción Terminado	Merma obtenida
Enero	925	520	405
Febrero	882	210	672
Marzo	1 078	500	578
Abril	1 048	802	246
Mayo	1 089	410	679
Junio	984	399	585
Julio	1 087	714	373
Agosto	1 955	1 050	905
Septiembre	2 608	491	2 117
Octubre	1 549	1 061	488
Noviembre	1 810	1 005	805
Diciembre	1 653	785	868
Total Toneladas	16 668	7 947	8 721
Total Millares	2 083,50	993,38	1 090,13

Fuente: Empresa Cerámicos Lambayeque SAC.

Dentro de los aspectos que se evaluaron para determinar la cantidad de mermas que se obtiene, se presentó el producto cuando ingresa al proceso y la operación de quemado que es la que más tiempo toma como se presenta en los diagramas antes presentados.

Como se puede observar en la tabla N° 10, la producción de ladrillo techo N° 15 en el año 2014 es de 1 029,00 millares de ladrillo, considerando que para llegar a esa producción se procesaron un total de 1 783,50 millares. Concluyéndose que se obtuvo un 57,70% de producto final.

Teniendo en cuenta lo antes mencionado, se determinó que la cantidad de mermas encontradas en la producción de ladrillo techo N° 15 en el año 2014 es de 1 090,125 millares de ladrillos.

**Tabla N° 12. Resumen de mermas de ladrillo techo N° 15 año 2014.
Cerámicos Lambayeque.**

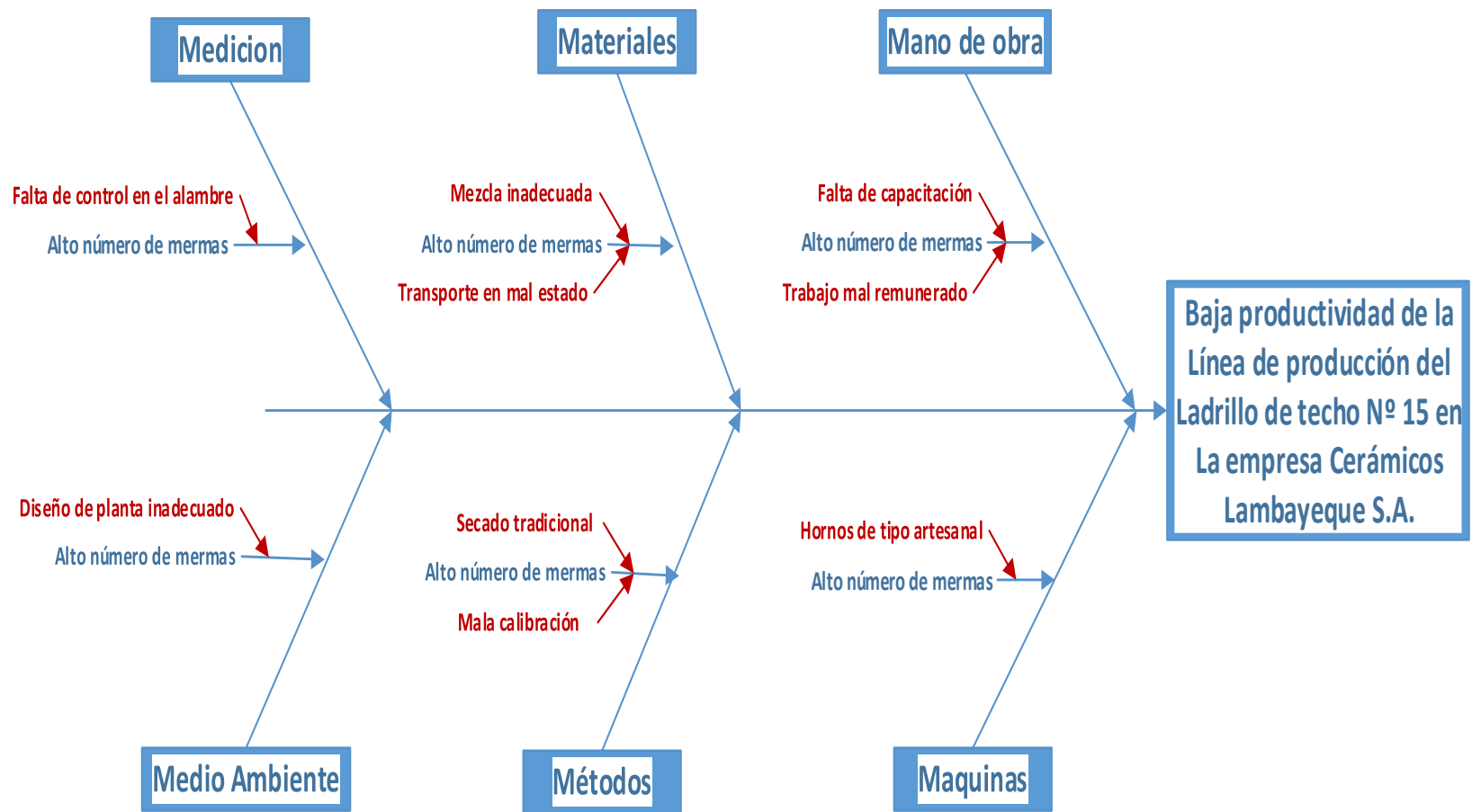
Total	Crudo-Proceso	Producción Terminado	Merma obtenida	% de merma
Total en toneladas	16 668	7 947	8 721	47,68
Total en millares	2 083,5	993,4	1 090,1	

Fuente: Empresa Cerámicos Lambayeque SAC.

3.1.6. Evaluación del proceso de producción y sus causas

Teniendo en cuenta la obtención de las mermas que surgen en el proceso de producción de ladrillo techo N° 15, se quiere detallar las causas de la problemática que aqueja a la empresa.

Por ello se presenta el siguiente diagrama de causa efecto, o también conocido como Ishikawa. Ver figura 30.



Figura

30. Problemática con el ladrillo de techo N° 15 de la empresa ladrillera Cerámicos Lambayeque

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se presenta los aspectos evaluados para cada una de las causas identificadas, recalcando que los datos han sido proporcionados por la empresa Cerámicos Lambayeque para el uso exclusivo de la investigación:

- **Mano de obra**

Falta de capacitación: Se ha llevado a cabo 1 capacitación en el 2014.

De una manera general se evaluaron los costos de las capacitaciones debido a que esto en general no se considera como pérdidas. Sin embargo, si se considera necesario capacitar en ciertos aspectos como los ya mencionados.

Trabajo mal remunerado: En un estudio realizado en la empresa donde se evalúa entre otras dimensiones, el aspecto remunerativo, en las 4 áreas de producción, se encontró lo siguiente:

Tabla N° 13. Opinión acerca de la remuneración en las áreas del proceso de producción del ladrillo

Área	Opinión				
	1	2	3	4	5
Producción	63%	33%	4%	-	-
Canteo	90%	10%	-	-	-
Quema	74%	26%	-	-	-
Mantenimiento	17%	83%	-	-	-

Fuente: Oficina de Recursos Humanos – Cerámicos Lambayeque.

Donde se tuvo en cuenta los siguientes niveles en la opinión obtenida:

Nivel 5: Su ambiente de trabajo es cómodo, libre de agentes climáticos perjudiciales y otros agentes que puedan atentar contra la salud de los mismos.

Nivel 4: Hay cierto grado de comodidad en su ambiente de trabajo, con control sobre agentes que puedan ser perjudiciales para la salud.

Nivel 3: El ambiente de trabajo muestra cierto grado de control sobre agentes perjudiciales para la salud de los colaboradores.

Nivel 2: Hay índices de agentes perjudiciales para la salud en los que no se tiene un control, que pueden perjudicar a los colaboradores que laboran ahí.

Nivel 1: Exposición total hacia agentes perjudiciales para la salud en su área de trabajo, poniendo en riesgo a los colaboradores de dichas áreas.

La selección del personal: El departamento de recursos humanos con el que cuenta la empresa, es el encargado del reclutamiento del personal para laborar en el proceso de producción de ladrillos, y que tiene en consideración las siguientes formas de selección:

- ♦ Personal que ha laborado en el proceso de producción de ladrillos o relativos al sector construcción.
- ♦ Personal nuevo en búsqueda de un lugar de trabajo.
- ♦ Personal que labora en el proceso de producción de ladrillos por campaña de producción.

Teniendo definido estas formas de selección, la persona encargada del área deriva a las personas seleccionadas hacia el departamento de producción, donde el jefe o el supervisor le asignarán y establecerán las actividades de trabajo a realizar, según su conocimiento o experiencia.

En el caso, que el empleador sea nuevo la encargada de selección lo registrará tomando en cuenta sus datos personales. Posteriormente, se llama al trabajador para que empiece a laborar en el proceso y finalmente es derivado al departamento de producción.

Tabla N° 14. Costo total del personal de producción en el ladrillo de techo N° 15.

Puesto de trabajo en cada etapa de proceso y mantenimiento	Número de personal (turno día)	Número de personal (turno noche)	Sueldo por trabajador (S/. /mes)	Sueldo total (S/. /mes)
Ingeniero de turno	1	1	S/. 2 500,00	S/. 2 500,00
Total Formado	5	0		
Medición de porción es de materias primas.	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Mezclado y tamizado	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Amasado	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Laminado	-		-	-
Moldeado y cortado	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Carga de ladrillo crudo	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Total Secado	9			
Transporte a área de secado	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Colocación de ladrillos a área de secado.	3		S/. 750,00	S/. 2 250,00
Canteo de ladrillos.	5		S/. 750,00	S/. 3 750,00
Carga de ladrillos pre-secado.	-		-	-
Total Horneado o Cocción	10	1		
Transporte a área de horneado	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Descarga y carga de ladrillo pre-secado a horno.	3		S/. 750,00	S/. 2 250,00
Inspección y control	1	1	S/. 900,00	S/. 900,00
Transporte de ladrillo a almacén.	1		S/. 750,00	S/. 750,00
Descarga de ladrillo a almacén.	3		S/. 750,00	S/. 2 250,00
Inspección y control de ladrillos producidos	1		S/. 900,00	S/. 900,00
Total Mantenimiento	4	1		
Mecánico	1		S/. 900,00	S/. 900,00
Soldador	1		S/. 900,00	S/. 900,00
Electricista	1		S/. 900,00	S/. 900,00
Supervisor de operaciones	1	1	S/. 900,00	S/. 900,00
TOTAL	29	3		S/. 24 400,00

Fuente: Oficina de Recursos Humanos – Cerámicos Lambayeque.

- Materiales

Mezcla inadecuada: Cargador frontal y el personal de producción. Representa una merma de:

- ♦ Costo de la Mezcla anual: S/. 678 117 (ver Tabla N° 15)

Tabla N° 15. Costos de operaciones de producción de ladrillo techo N° 15

Área	Costos de Ladrillo Techo N° 15 (soles/millar)
Mezclado MP (Tierra, caolín, galleta, camota, etc.) *	678 117,00
Formado (Mano de obra, maquinarias, mantenimiento, etc.) *	315 396,00
Secado (Mano de obra, combustible, maquinaria, etc.) *	376 825,00
Horneado (Mano de obra, combustible, maquinaria, etc.) *	386 040,00
Almacenamiento (Transporte)*	52 552,00
Total	1 808 930,00

* Para mayor detalle ver anexo 01.

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

- ♦ Tiempos muertos asociados de 9,29 horas trimestre.
- ♦ La producción de ladrillo de techo 15 es de 40% del 60% de la producción total.
- ♦ La tasa de errores en las mezclas del cargador frontal es de 0,1%.
- ♦ Los pagos a los responsables del proceso son de:

Tabla N° 16. Cantidad y pago por labor realizada

Labor	Cantidad	Pago jornada (S/.)
Maquinista	1	30
Amasador	1	40
Fajero	1	30
Chóferes	2	30
Sacadores	3	28
Bajadores	4	28

Fuente: Oficina de Recursos Humanos – Cerámicos Lambayeque.

- ♦ Los costos asociados al año son de: S/. 512,23

Transporte en mal estado: Motos y Coches

- ♦ Tiempos muertos asociados de 9,53 horas trimestre.
- ♦ La producción de ladrillo de techo 15 es de 60% en la línea 320.
- ♦ Se utilizan 2 motos de un total de 6 disponibles en esta línea y ladrillo.
- ♦ Costo total anual por mantenimientos de motos cargueras y coches es S/. 23 807,05.
- ♦ El costo por mantenimiento de motos en la producción de ladrillo es de S/. 5 041,804.

- **Medición y métodos**

Falta de control en el alambre: Cortadora y el personal de producción.

- ♦ Tiempos muertos asociados de 21,064 horas trimestre.
- ♦ La producción de ladrillo de techo 15 es de 60% en la línea 320.
- ♦ Pagos presentados en Tabla N° 12 por labor y jornada.
- ♦ Utilización de alambre total = metros de alambre usado en cortadora* N° de veces que se cambia* N° de días trabajados* N° de turnos = $0.45*15*26*2 = 351$.
- ♦ (Costo total de alambre/cantidad de metros disponibles) *cantidad de metros utilizados es S/. 409.
- ♦ Tiempo muerto*(maquinista+ amasador + fajero + 2choferes + 3sacadores + 4bajadores) = 1 499,76 soles.
- ♦ El costo generado al año por cambios de alambre y lo que genera en tiempos muertos es de S/. 22 905,11.

- **Máquinas**

- ♦ Hornos de tipo artesanal o falta de reponteciamiento de los hornos.
- ♦ El 20% se merma en el área de secado por factores asociados al ambiente y su manipulación = 0,2.
- ♦ Costo total Mantenimiento de los hornos + embarrado de las paredes y tapado para galerías al año en total= 106 789,21 soles.
- ♦ Costo total generado al año = 21 357,42 soles.

- **Métodos**

Secado tradicional

El ladrillo de techo N° 15 genera el 10% aproximadamente de los costos, y genera una merma aproximada de 20% del total de ladrillo que llega al secado, y con un costo total anual el 2014 de 7 512 149,41, nos genera un costo de 150 242,99 nuevos soles por año.

- **Medio ambiente**

Diseño de planta inadecuado

- ♦ Tasa de problemas por traslados = 0,30.
- ♦ Costo total anual del transporte de pampa al horno y del horno al almacén = 857 790 soles.
- ♦ Costo total generado al año: 257 337 soles.

3.1.7. Cálculo del Nivel Sigma asociado a la producción del ladrillo de techo N° 15

Como se presenta en la tabla N° 10, la producción en el año 2014 inicio con el ingreso al moldeado de 1 902 465 ladrillos, llegando a producto terminado una cantidad de 1 097 390 ladrillos, lo cual nos permite visualizar una merma final de todo el proceso de 42,3%, y

realizando los cálculos respectivos del valor de sigma, del cual obtenemos 1,69.

Esto quiere decir que se encuentra aproximadamente en el nivel de Sigma igual a 2, que significa un rendimiento de 69,15% de la producción. Como se puede observar en la tabla N° 17.

Tabla N° 17. Resultados del cálculo del valor de Sigma asociado a la producción del techo N° 15 – Cerámicos Lambayeque SAC

1. Número de unidades procesadas	N=	1 902 465
2. Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto	O=	100%
3. Número de defectos detectados	D=	805 070
4. Porcentaje de Defectos $DPU=D/(N \times O)$		42,3%
5. Productividad (Rto. del proceso) $= (1-DPU) \times 100$		57,7%
6. Nivel sigma del proceso =		1,69

Fuente: Elaboración propia.

3.2 Propuesta de implementación de la filosofía Seis Sigma a la Empresa Cerámicos Lambayeque en la línea 360 del ladrillo de techo N° 15.

Una vez realizada el diagnóstico situacional de la empresa Cerámicos Lambayeque se determinó la viabilidad de la aplicación de la filosofía Six Sigma como mejora del proceso de producción del ladrillo techo N° 15. Se recomienda tener en cuenta toda la información recolectada.

Para el desarrollo de la metodología se debe tener en cuenta que son 5 etapas: Definir, Medir, Analizar, Mejora y Controlar; que serán desarrollada y estructura para dicha línea de producción.

Con el diagnóstico inicial de la empresa para esa línea de producción, se da una apertura a los resultados de las etapas de definir, medir y analizar.

Puntos fundamentales que son necesarios para desarrollará el plan de mejora y el plan de control, que son las dos últimas etapas que establece la filosofía Six Sigma.

3.2.1. Desarrollo de la etapa de Definir.

Se recalca que el estudio y análisis de la investigación está dada para la producción de ladrillo techo N° 15. Además de considerar las problemáticas que se desarrollan dentro de esta línea de producción como se precisa en la figura 30.

a. Estudio de las causas identificadas

Para simplificar las causas que ocasiona la problemática de la baja productividad de la línea de producción de ladrillo techo N° 15, se detalla un diagrama de Pareto. Ver tabla N° 18 y figura 31.

Tabla N° 18. Análisis de causas de problemática identifica en la línea de producción de ladrillo techo N° 15

Causas de baja productividad en la producción de ladrillos techo N° 15			
Causa	Eventos	%	% acumulado
Alto número de mermas	13	44,83	44,83
Mal manejo de sus operaciones de producción	6	20,69	65,52
Maquinaria artesanal	4	13,79	79,31
Falta de registros de ingresos y salidas	3	10,34	89,66
Ausencia de control de indicadores	2	6,90	96,55
Otras sub-causas presentadas	1	3,45	100,00
Total	29	100,00	

Fuente: elaboración propia

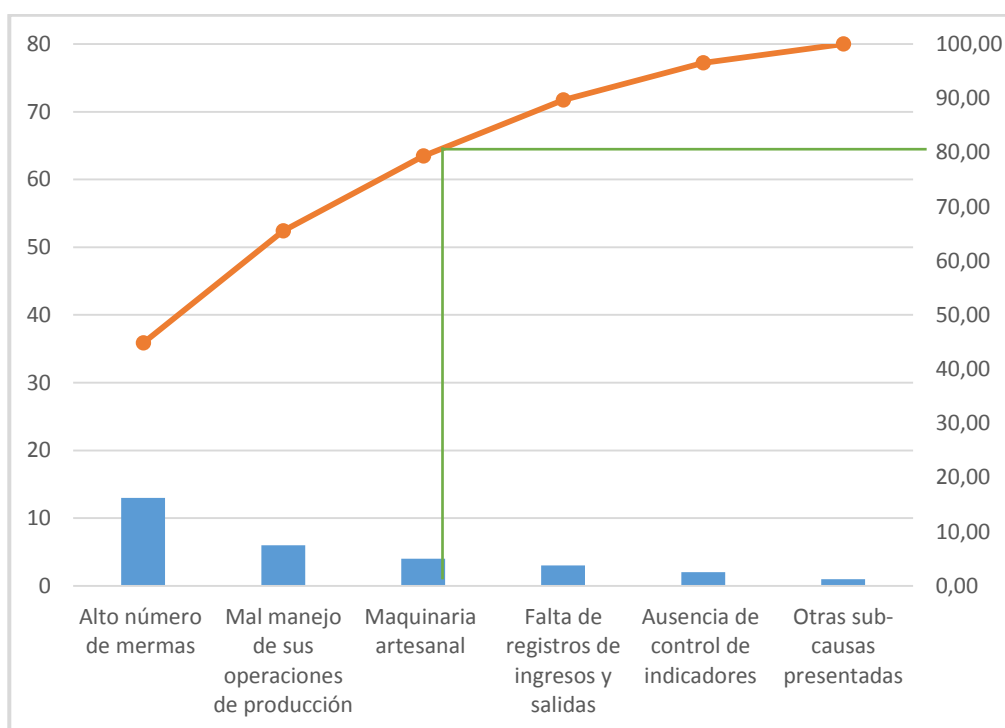


Figura 31. Resultados de análisis Pareto

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la figura 31, si se les brinda solución a las causas de alto número de mermas, mal manejo de sus operaciones de producción y atención a la maquinaria artesanal se estaría dando solución a la problemática de la productividad de la línea de ladrillos techo N° 15.

b. Estudio de tiempos

Se pretende establecer los estándares de trabajo, analizándose las tres etapas del proceso de producción (formado, secado y cocción). Como punto inicial del estudio se debe tener en cuenta los suplementos de trabajo generados por trabajador, el cual asciende a 23,5%. Ver tabla N° 19.

Tabla N° 19. Suplementos de trabajo generados por el trabajador

Suplementos	%
Necesidades personales	5,5
Por fatiga	4,0
Por trabajo de pie	3,0
Ruido intermitente	2,0
Demoras inevitables	10,0
Total	23,5%

Fuente: Elaboración propia.

Considerando el porcentaje de tolerancia total que presentan los trabajadores, se procede a determinar ciertos tiempos, los cuales son:

- Tiempo promedio: se considera como la suma de los tiempos muestrales de cada operación u actividad del proceso entre el número de ciclos observados, en este caso 5 ciclos.
- Tiempo normal: una vez obtenido el tiempo promedio se le multiplica el factor de calificación de desempeño, se determinan considerando la rapidez con que cumplen cada una de sus funciones.
- Tiempo estándar: obtenido el tiempo normal este se divide entre la diferencia de uno menos el factor de suplemento, que en este caso es el 23,5%.

En la tabla N° 21, se detalla todo el cálculo de los tres tiempos para a línea de producción de ladrillo techo N° 15. Asimismo, se identifican las actividades que son innecesarias en el proceso.

Dichas actividades pueden ser eliminadas dentro del proceso de producción, si se les da una medida de mejora. Como se precisa a continuación:

- Medición de porciones de arcilla: esta actividad se debe gestionar una vez se almacene como materia prima, para luego ser mezclado y reservado en el área asignada. La combinación de estos, antes de ser procesados, no presentan cambios que perjudiquen la calidad del producto final.
- Demora en la preparación y limpieza de máquinas para moldeo: la limpieza debe ser previa al inicio de producción para evitar esos tiempos.
- Preparación de motor de carga: es necesarios lubricar la base para que el ladrillo se deslice, cuya actividad debe ejecutarse antes de que se inicie la producción.
- Demora en el control de unidades producidas: se debe establecer que los ladrillos deben ser contabilizados cuando estos están siendo recepcionado en la unidad de transporte y no después de ello, ya que no solo se estaría contabilizando sino inspeccionando que el producto no tenga fisuras, ralladuras o deformaciones.
- Colocación de esteras sobre los ladrillos: para esta actividad la empresa debe cercar o cubrir toda el área de secado, de esta forma no solo se estaría ahorrando tiempo sino se estaría ejecutando la operación de manera más homogénea.
- Demora en el encendido de combustibles: esta actividad se debe realizar en simultáneo con la carga del producto semiacabado.

Una vez eliminadas estas actividades, el tiempo estándar del proceso de ladrillo techo N° 15 sería 1 828 884,94 segundos.

Tabla N° 20. Resumen de los tiempos iniciales y costos de las operaciones de la producción de ladrillo de techo N° 15

Área	Tiempo por millar (días)	Costos de Ladrillo Techo N° 15 (soles/millar)
Mezclado MP (Tierra, caolín, galleta, camota, etc.) *	0,21	678 117,00
Formado (Mano de obra, maquinarias, mantenimiento, etc.) *	0,95	315 396,00
Secado (Mano de obra, combustible, maquinaria, etc.) *	10	376 825,00
Horneado (Mano de obra, combustible, maquinaria, etc.) *	15	386 040,00
Almacenamiento (Transporte)*	0,01	52 552,00
Total	26,17	1 808 930,00

* Para mayor detalle ver anexo 01.

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

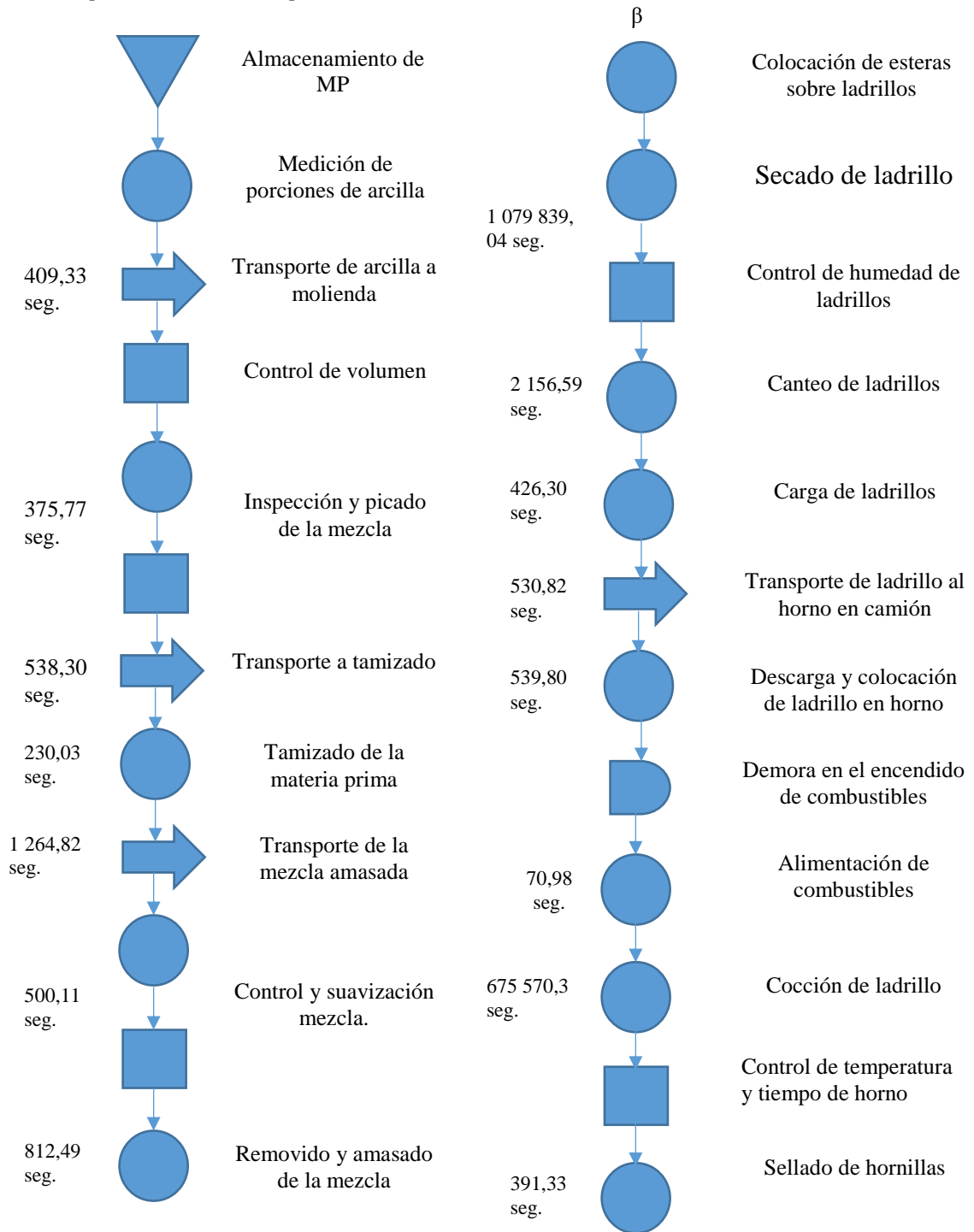
Tabla N° 21. Tiempo estándar calculado para el proceso de producción de ladrillo techo N° 15.

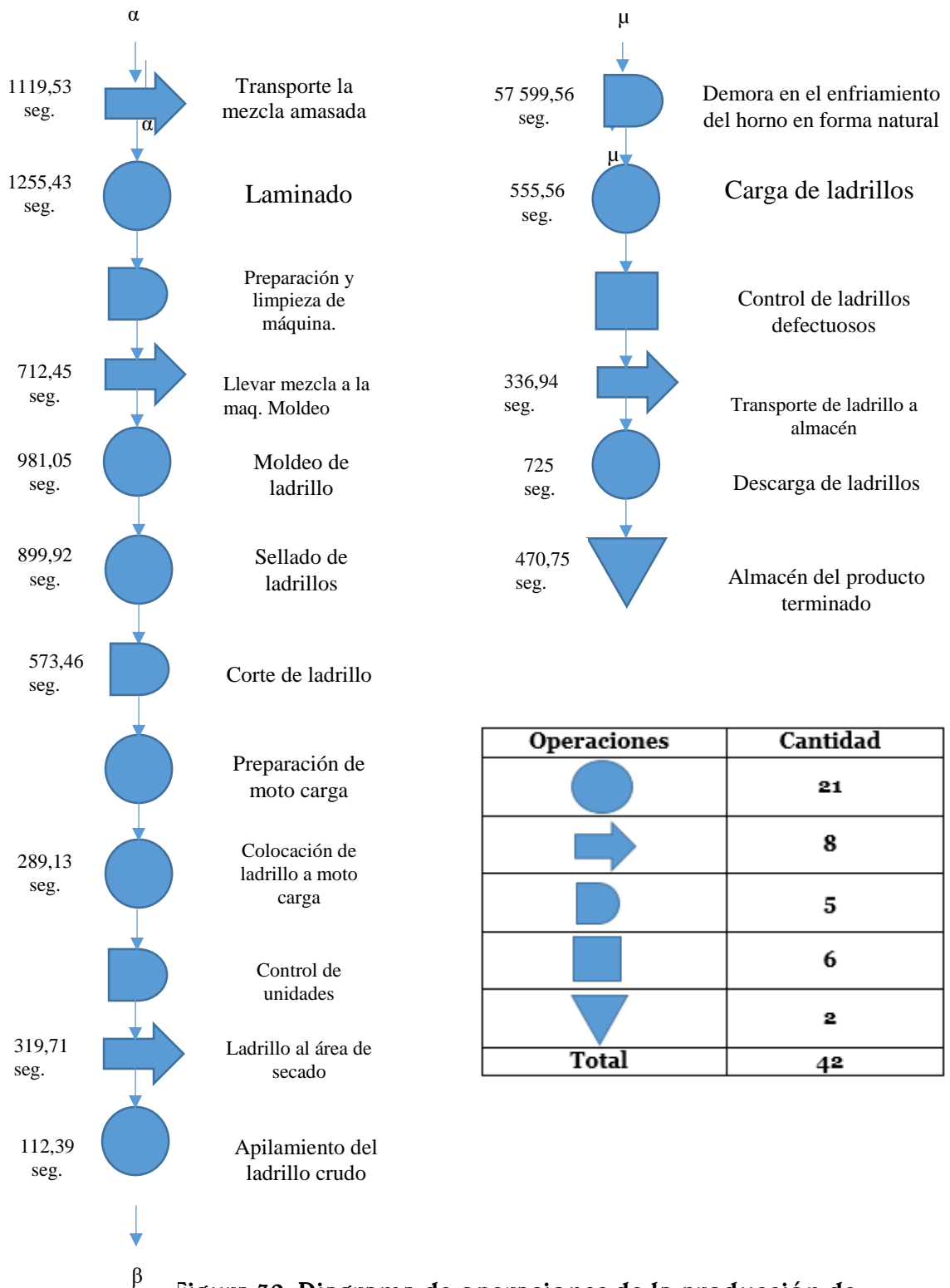
N°	DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES	Tiempo de proceso de producción de techo 15		
		Tiempo promedio (s)	Tiempo Normal (s)	Tiempo estándar (s)
1	Medición de porciones de arcilla	648,44	551,174	720,49
2	Transporte y carga de arcilla a tolva de molienda	368,4	313,14	409,33
3	Inspección y picado manual de la mezcla obtenida	359,33	287,464	375,77
4	Llevar la mezcla de la tolva de molienda para su tamizado por fajas transportadoras.	411,8	411,8	538,30
5	Tamizado de materia prima	175,972	175,972	230,03
6	Llevar la mezcla por fajas transportadoras a amasadora	967,59	967,59	1264,82
7	Control y Suavización de mezcla mediante remojado de agua	450,102	382,5867	500,11
8	Removido y amasado de mezcla	828,742	621,5565	812,49
9	Llevar la mezcla por fajas transportadoras a laminadora	856,442	856,442	1119,53
10	Laminado	960,404	960,404	1255,43
11	Demora en la preparación y limpieza de máquinas para moldeo.	876,448	744,9808	973,83
12	Llevar mezcla a la máquina de moldeo por medio de fajas transportadoras.	545,024	545,024	712,45
13	Moldeado o formado de ladrillos	750,504	750,504	981,05
14	Sellado de ladrillos	688,442	688,442	899,92
15	Corte de ladrillos	516,114	438,6969	573,46
16	Preparación de moto carga	61,098	51,9333	67,89
17	Colocación de ladrillos a moto carga	260,216	221,1836	289,13
18	Demora en el Control de unidades producidas	119,788	101,8198	133,10
19	Transporte de ladrillo a área de secado	287,742	244,5807	319,71
20	Apilamiento de ladrillo crudo	85,978	85,978	112,39
21	Colocación de esteras sobre los ladrillos	758,708	682,8372	892,60
22	Secado de ladrillos	826 076,866	826 076,866	1 079 839,04
23	Canteo de ladrillos	2062,24	1649,792	2156,59
24	Carga de ladrillos	386,366	328,4111	429,30
25	Transporte de ladrillos al horno en camión carga	477,736	406,0756	530,82
26	Descarga en el encendido de combustible	458,83	412,947	539,80
27	Demora en el Encendido de combustibles	2 099,738	1889,7642	2 470,28
28	Alimentación de combustibles cada 30 minutos	60,33	54,297	70,98
29	Cocción de ladrillo	516 811,28	516811,28	675 570,30
30	Sellado de hornillas	299,366	299,366	391,33
31	Demora en el enfriamiento del horno en forma natural	44 063,66	44063,66	57 599,56
32	Carga de ladrillos	500,052	425,0442	555,61
33	Transporte de ladrillos a almacén Descarga de ladrillos	303,246	257,7591	336,94
34	Descarga de ladrillos	423,674	360,1229	470,75
TOTAL		1 405 000,67	1 403 119,49	1 834 143,13

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2. Desarrollo de la etapa de Medir.

Se debe tener claro todas las actividades u operaciones que son necesarias para cumplir con la elaboración del ladrillo techo N° 15. Considerando el estudio de tiempos realizados se detalla el diagrama de operaciones de la producción de ladrillo techo N° 15.





Operaciones	Cantidad
	21
	8
	5
	6
	2
Total	42

Figura 32. Diagrama de operaciones de la producción de ladrillo techo N° 15

Fuente: Elaboración propia.

3.2.3. Desarrollo de la etapa de Analizar.

Para poder desarrollar de manera adecuada el proceso se debe tener en cuenta los equipos y recursos con los que se debe contar para cumplir con la producción diaria.

Uno de los indicadores que se debe mantener presente para determinar si se puede o no cumplir con la producción que se requiere es la capacidad.

En la tabla N° 22, se presenta la lista de máquinas y equipos que son necesarios para la producción de ladrillos considerando sus características y funciones.

Con la identificación de las maquinas, se precisa que el limitante del proceso es la capacidad en el horno. Por ejemplo, la empresa produce un total del 500 t de ladrillo crudo, en el horno solo se podría ingresar un total de 400 t, considerando que su uso nuevamente estaría disponible según demore la etapa de cocción.

Tabla N° 22. Capacidad y características de las máquinas de la empresa Cerámicos Lambayeque

Maquina	Capacidad (t/hora)	Marca	Potencia de motor (HP)
Cajón alimentador	20	-	-
Molino de impacto	20	-	-
Zaranda	20	-	-
Amasadora	20	SOUZZA	40
Laminadores	20	SOUZZA	25
Extrusora	20	SOUZZA	200
Bomba de vacío	-	-	-
Faja transportadora	-	-	-
Cortadora	20	SOUZZA	2,5
Horno	300 t	-	-

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

3.2.4. Desarrollo de la Etapa de Mejora.

El plan de mejora para esta investigación, considerando las limitantes que presenta la empresa, se considera trabajar con el personal de la organización y la realización de capacitación, así mismo proponer la adquisición de los hornos Hoffman, propuesta que se fundamenta en el anexo 3, con la finalidad de la disminución de tiempos en el proceso de quemado:

1. Plan de capacitación de los trabajadores

Se propone un plan de capacitación con la finalidad de mejorar las competencias laborales de los trabajadores de la empresa Cerámicos Lambayeque. A continuación, se detalla las charlas de capacitación que recibirán durante el año 2016.

Tabla N° 23. Programa de capacitación dirigida al personal de la empresa durante el año 2016.

Dirigido a:	Curso a recibir	Tipo de capacitación	Horas estimadas	Objetivo del curso
Todo el personal de la empresa	Clima laboral y motivación del personal	Teórica	4	Mantener un clima laboral adecuado
Gerente y jefes de cada área	Trabajo en equipo	Teórica/ practica	4	Desarrollo de habilidades para la realización en toma de decisiones.
Personal de producción	Herramientas de calidad	Teórica	12	Conocer herramientas que permitan mantener el proceso bajo control.
Personal de mantenimiento y producción	Principios de mantenimiento	Teórica/ practica	12	Actuar de forma inmediata ante la presencia de fallos en los equipos o maquinas.
Todo el personal	Control de mermas	Teórica/ practica	8	Concientizar al personal de los beneficios de controlar las pérdidas en el proceso.

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Los temas de los cursos que se dictaran, se precisan por querer que cada trabajador no solo obtenga conocimientos de temas directos con el proceso productivo, sino que también logren un ambiente laboral grato y agradable.

Además, se debe tener en cuenta algunos aspectos o características al contratar al personal para cada área del proceso de producción. Como se presenta a continuación:

Perfil del operario

Funciones

- ♦ Operar maquinaria los equipos y máquinas industriales.
- ♦ Mantener la maquinaria en condiciones óptimas para el funcionamiento, realizando para ello las actividades de mantenimiento menores pertinentes, que aseguren su funcionamiento, limpieza y su utilización.
- ♦ Llevar a cabo instrucciones diarias del Jefe de producción y control de calidad o un plan de trabajo por períodos mayores de tiempo.
- ♦ Control de bitácora diaria a ser entregada al jefe de producción: registrando tipo de trabajo realizado, desperfectos, estado general de la maquinaria e insumos utilizados, horas de trabajo efectivas, horas de recorrido en vacío, horas de reparación y/o mantenimiento, etc.
- ♦ Efectuar las reparaciones básicas de la maquinaria a su cargo.
- ♦ Reportar fallos que presente la maquinaria.
- ♦ Dar cumplimiento al manual de operadores de la maquinaria.
- ♦ Apoyar al asistente de producción para la capacitación de utilización de ladrillos al cliente.

2. Adquisición del Sistema de Hornos Hoffman para el quemado y enfriamiento del ladrillo.

Se propone para la etapa de horneado semiautomatizar la etapa, puesto permitirá mejorar la línea de producción adecuado los tiempos de producción, esta actividad lleva un plan de instalación a medida solicitado por la empresa, lo cual haría pasar del sistema artesanal al semi-automatizado.

Se plantea esta mejora, ya que la empresa actualmente está funcionando de manera artesanal en la cual todos los trabajadores tienen que estar pendientes en su totalidad de cada paso que presenta el proceso de producción, lo cual limita la obtención de la producción total. Esto genera mermas que se convierten en pérdidas considerables para la empresa.

Se presenta qué mano de obra tiene un costo de 90 000 soles y la instalación del horno propiamente dicho es de 150 000 soles aproximadamente; lo solicitado por la organización es un total de 4 hornos, generando una inversión de 960 000 soles.

La cotización de la máquina que se plantea como mejora se puede observar en el anexo 3.

En las siguientes figuras se muestra la propuesta técnica de los hornos:



Figura 33. Hornos Hoffman – Vista de área de combustible

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.



Figura 34. Funcionamiento de una línea de quema

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.



Figura 35. Detalle exterior de una línea de quema, conformada por una batería de 4 hornos Hoffman.

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

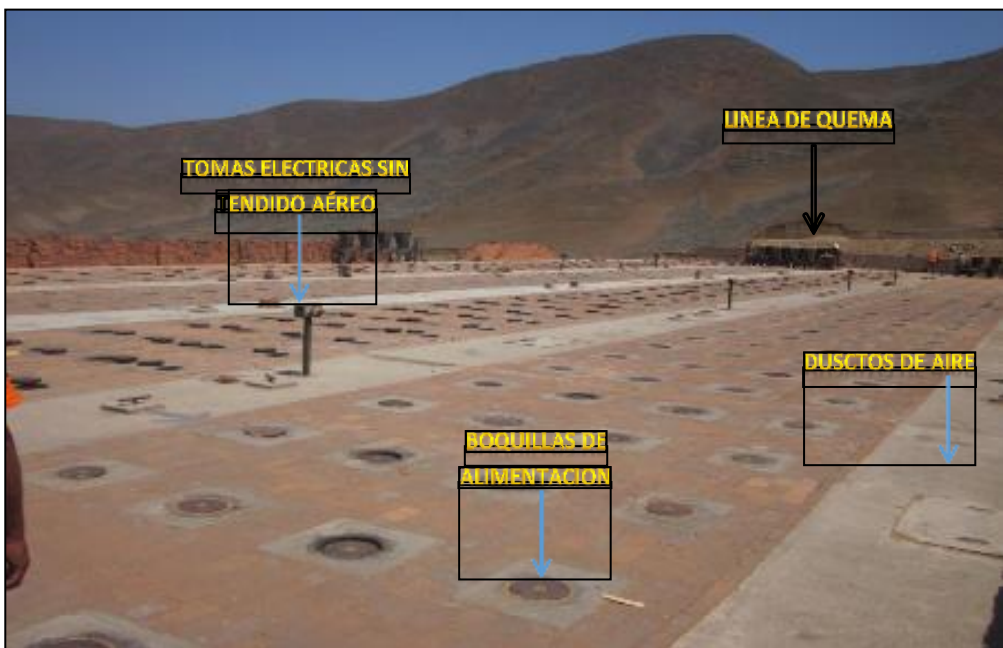


Figura 36. Detalle de la zona superior de los hornos Hoffman en funcionamiento.

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.



Figura N° 37. Horno quemado en proceso de enfriamiento

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Con respecto a la mano de obra que se considera necesario para estas mejoras, se presenta a continuación los costos que incurre:

Tabla N° 24. Cantidad de empleados de las áreas de producción de Cerámicos Lambayeque y la organización con Hornos Hoffman

MANO DE OBRA (carga laboral)				
ÁREA	Cerámicos Lambayeque	TOTAL DE SUELDOS (S/. 750 /mes x empleado)	Semi Automatizada	TOTAL DE SUELDOS (S/. 750 /mes x empleado)
Mezclado	2	1 500	40	30 000
Formado	56	42 000		
Secado	24	18 000	15	11 250
Horneado	36	27 000	15	11 250
TOTAL	118	88 500	70	52 500

Fuente: Cerámicos Lambayeque, 2014.

Los tiempos entre ambos tipos sería de:

Tabla N° 25. Tiempos de proceso de las áreas de producción de Cerámicos Lambayeque y una empresa automatizada.

Tiempos de producción (días)		
Etapa	Cerámicos Lambayeque	Semi – automatizada
Mezclado	0,21	1,16
Formado	0,95	
Secado	10	10
Horneado	15	2,5
TOTAL	26,16	13,66

Fuente: Elaboración Propia, datos Cerámicos Lambayeque

La capacidad y eficiencia de quema es mayor y mejor en los Hoffman, lo cual nos permitiría quemar a una velocidad de 2,5 veces más rápido con una línea con formada por 04 galerías, que con una línea de quema de hornos abiertos. 3 800 t/mes (Hoffman) – 1 400 t/mes (Abiertos).

Considerando que uno de los posibles cuellos de botella para el proceso de secado en el futuro sea la necesidad de grandes extensiones de área. Hay una ventaja que puede ser bien aprovechada, y es que el calor de la zona de enfriamiento puede ser utilizada en un secadero industrial, si es que la necesidad o las condiciones ameriten su construcción.

Por las características herméticas de los hornos, estos suelen trabajar con un 30% menos del combustible consumido por los hornos abiertos. Es posible dejar de utilizar la antracita o carbón mineral, teniendo la oportunidad de poder alternar otros tipos de combustibles más baratos y sobre todo menos contaminantes, como el aserrín, guano de aves o estiércol ganado vacuno cuyo poder calorífico es mayor al de la pajilla de arroz o aproximado a la cascara de café, además de tener porcentajes mucho más bajos de ceniza.

Considerando que el personal para el sistema de hornos abiertos es cada vez más escaso. Con los Hoffman se reduciría en un 40% aproximadamente que el actual, y sobre todo el personal que labore,

tendría mejores condiciones a las que actualmente se les ofrece, en las que pueda desempeñar su trabajo sin temor a algún tipo de consecuencias al exponerse cuando se está trabajando con carbón.

Al trabajar con combustibles con menor porcentaje de ceniza, y temperaturas más estables, los porcentajes de 2da disminuirían. Se mejoraría en el control del material que ingresa y sale del horno, debido a que todo el producto terminado, es despachado del stock, pudiendo contabilizar las cantidades de cada tipo de producto por paquetes descargados individualmente por el montacargas.

Se puede considerar que la planilla de descarga se reduciría a un 10% o 20% por línea que las actuales, porque la descarga se realizaría por medio del montacargas, y los asentadores sólo realizarían la extracción del material superpuesto a los laterales de cada paquete.

La planilla de tapado se anularía, sólo quedando el de mantenimiento de hornos (revestimiento o reparaciones de paredes internas) que se realizaría de manera eventual pero oportuna y planificada.

3.2.5. Desarrollo de la Etapa de Mejora.

Indicadores de producción

Teniendo en cuenta las mejoras planteadas a la empresa con la aplicación de la filosofía Six Sigma, estableciendo que el requerimiento de los materiales se dará de manera óptima en tiempo y cantidad que se le requiera, se presenta la estimación de la producción en el año 2015 teniendo en cuenta que la producción aumentará y el número de mermas disminuirá. Como se puede observar en la tabla N° 26.

**Tabla N° 26. Producción de ladrillo techo 15 en el periodo
enero – diciembre 2015**

Mes	Crudo proceso	Quemado	Producto en proceso	Producto terminado
Enero	1 388	971	1 166	902
Febrero	1 323	926	1 111	837
Marzo	1 317	922	1 106	831
Abril	1 272	890	1 068	786
Mayo	1 634	1 143	1 372	1 148
Junio	1 026	718	862	540
Julio	974	682	818	488
Agosto	2 933	2 053	2 463	2 447
Setiembre	3 912	2 738	3 286	3 426
Octubre	974	681	818	488
Noviembre	2 715	1 901	2 281	2 229
Diciembre	2 480	1 736	2 083	1 994
Total toneladas	21 946	15 362	18 434	16 114
Total millares	2 743	1 920	2 304	2 014

Fuente: Elaboración propia.

En el año 2015, considerando las características de la maquinaria a implementar y los criterios para su manejo, se tendría un ingreso de crudo al proceso de 2 743 000 ladrillos y como producto final un total de 2 014 000 ladrillos. Con lo cual se puede afirmar que se tendría aproximadamente 27% en mermas de todo el proceso, con lo cual se puede observar un valor de sigma que asciende a 2,13. Ver tabla N° 27.

Tabla N° 27. Resultados del cálculo del valor sigma con la mejora para el proceso de producción ladrillo 15 en la empresa Cerámicos Lambayeque

1. Número de unidades procesadas	N =	2 743 000
2. Porcentaje de posibilidades de encontrar el defecto	O =	100%
3. Número de defectos detectados	D =	729 000
4. Porcentaje de Defectos $DPU = D / (N \times O)$		26,6%
5. Productividad (Rto. del proceso) = $(1 - DPU) \times 100$		73,4%
6. Nivel sigma del proceso =		2,13

Fuente: Elaboración propia

Con la información analizada se puede afirmar que la empresa presentara mejoras considerables con la aplicación e implementación que asegura la filosofía Six Sigma, la productividad pasa de 57,7% a 73,4%, las mermas disminuyen de 42% a 27%, como se puede observar en la tabla N° 28.

Tabla N° 28. Comparación de los indicadores antes y después de las mejoras planteadas

Características	Antes de la mejora	Después de la mejora
Número de unidades procesadas	1 902 465	2 743 000
Número de defectos detectados	805 070	729 000
Porcentaje de Defectos	42,3%	26,6%
Productividad	57,7%	73,4%
Nivel sigma del proceso	1,69	2,13

Fuente: Elaboración propia

3.3. Análisis beneficio costo de la propuesta para la empresa Cerámicos Lambayeque.

Para el análisis de beneficio costo de la propuesta planteada, se presenta la lista de los costos de inversión que estaría generando la mejora planteada. Como se observa en la tabla N° 29.

Tabla N° 29. Costos de inversión para las mejoras planeadas en la línea de producción de ladrillos techo N°15

Actividad	Cantidad	Costo (S/.)
Horno Hoffman	4	960 000,00
Mano de obra	70	52 500,00
Capacitación de implementación	4	5 500,00
Total		1 018 000,00

Fuente: Elaboración propia.

Los costos necesarios para invertir en la realización de las mejoras ascienden a un total de 1 018 000,00 soles, incluyendo la adquisición de 4 hornos Hoffman y la mano de obra necesaria para el proceso productivo completo que asciende a un total de 70 operarios, ascendiendo a un costo de inversión de 52 500 soles. Además, se debe considerar los costos de capacitación para la implementación, cotización que se presenta en el anexo 4, monto que asciende a 5 500,00 soles.

En cuanto al beneficio, se considera los costos que generan las mermas obtenidas durante el proceso productivo de ladrillo techo N° 15, específicamente el proceso de quemado. Como se observa en la tabla N° 30.

Cabe recalcar y como se muestra en la tabla 30, que el proceso de quemado ejecutado en los hornos representa el 87% de las mermas presentadas totales. El valor ascendería a 1 039 915,34 soles.

Basados en los costos actuales de producción que ascienden a 1 064 000 soles y al porcentaje de la utilidad del 39,64% calculada sobre los costos de producción, tenemos que la utilidad anual de la empresa actualmente es de 421 796,6 soles, esto se incrementará gracias al tener

un menor tiempo de ciclo (se reduce a la mitad) el cual se duplicar en el mejor de los escenarios, más utilizando un escenario conservador la utilidad anual se incrementaría en un 50% es decir en 210 898,3 soles.

Realizando en cálculo de beneficio costos se obtendría:

$$\text{Beneficio/costo} = (1\ 039\ 915,34 + 210\ 898,3) / 1\ 018\ 000,00$$

$$\text{Beneficio/costo} = 1\ 250\ 813,64 / 1\ 018\ 000,00$$

$$\text{Beneficio/costo} = \mathbf{1,23}$$

Lo cual quiere decir que, por cada sol invertido la empresa Cerámicos Lambayeque estaría recibiendo 1,23 soles de ganancia.

Tabla N° 30. Costos de mermas del ladrillo de techo n° 15 por mes - año 2014

Mes	Crudo-Proceso	Quemado	Producción En proceso	Producto Terminados	Precio (S/.x t)	Costo Producción (S/.x t)	Costos producto Terminado	Costos producto Crudo
Enero	925	589	668	520	163	130,13	67 667,60	120 370,25
Febrero	882	238	272	210	166	125,69	26 394,90	110 858,58
Marzo	1 078	891	894	500	163	124,31	62 155,00	134 006,18
Abril	1 048	891	1 166	802	164	118,06	94 684,12	123 726,88
Mayo	1 089	940	958	410	161	125,31	51 377,10	136 462,59
Junio	984	589	1 069	399	159	130,39	52 025,61	128 303,76
Julio	1 087	720	520	714	152	152,85	10 9134,90	166 147,95
Agosto	1 955	1 486	1 528	1 050	157	136,5	143 325,00	266 857,50
Septiembre	2 608	1 601	1 595	491	155	150,67	73 978,97	392 947,36
Octubre	1 549	540	418	1 061	156	135,09	143 330,49	209 254,41
Noviembre	1 810	1 500	1 539	1 005	156	136,02	136 700,10	246 196,20
Diciembre	1 653	1 039	894	785	163	139,34	109 381,90	230 329,02
Total (t)	16 668	5 398	4 624	7 947	-		1 070 155,69	2265460,68
Total Mill.	2 083,50	674,75	578,00	993,38		Pérdidas por mermas	1 195 304,99	

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- 4.1.1. Con el diagnóstico situacional de la empresa Cerámicos Lambayeque para su línea de producción de ladrillos techo 15, se evidencia la existencia de problemáticas como la generación de mermas en el proceso productivo, la falta de maquinaria que no dificulte el proceso, la falta de capacitación de los operarios en temas de manejo adecuado y seguridad en cada área. La productividad de la línea de ladrillos techo N° 15 de la empresa se encuentra a un 57,7%.
- 4.1.2. La propuesta de la implementación de la filosofía Six Sigma, presentada, ejemplifica el adaptarse a la capacidad necesaria y adecuada para cumplir con todas las expectativas de la empresa. Es por ello que se plantea tras las mejoras, la implementación de maquinarias que facilitan el manejo de la línea de producción como son los Hornos Hoffman. Además, que semi automatizando el proceso se puede llegar a reducir la mano de obra pasando de 118 a 70 operarios. En cuanto a la productividad pasa de 57,7% a 73,4% y las mermas disminuyen de 42% a 27%, como se presenta en la tabla N° 19.
- 4.1.3. El beneficio costo de la implementación de la propuesta, considerando los costos que generan la implementación y los costos de las mermas generadas en el año 2014, llega a 1,23; lo que quiere decir que por cada sol invertido la empresa está presenciando un beneficio de 1,23 soles.

4.2. Recomendaciones

- 4.2.1. Considerando las problemáticas encontradas en la línea de producción de ladrillos techo 15, se recomienda profundizar el análisis de cada una de las causas encontradas con el fin de simplificar y especificar cada mejora a plantearse.
- 4.2.2. Definir qué problemáticas son las que quiere detectar y priorizar, realizando un estudio minucioso de las problemáticas más comunes trazándose objetivos, alcances y un marco en el que se pueda trabajar, considerando los niveles a pasos que sigue la filosofía Six Sigma.
- 4.2.3. Se recomienda que, después de aplicar la filosofía Six Sigma en una empresa, es necesario estimular y animar a los que están involucrados y hacerlos propios de la empresa y de las mejoras.
- 4.2.4. Una vez implementada la mejora planteada, de la instalación de los hornos, se recomienda que la empresa desarrolle el rediseño de la planta sin necesidad de la automatización.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

5.1. Textos

Amsden, Robert T., Howard E. Butler y Davida M. Amsden. 1993. *Control estadístico de procesos simplificado*. México, D.F.: Panorama Editorial.

Bass, Issa. 2007. *Six Sigma Statistics with Excel and Minitab*. New York: McGraw-Hill.

Calle, César E. 1995. *El control analítico, la calidad total y la excelencia humana*. Lima: H&G Editores.

Chapman, Stephen N. 2006. *Planificación y control de la producción*. México, D.F.: Pearson Educación.

Charbonneau, Harvey C. y Gordon L. Webster. 1983. *Control de calidad*. México, D.F.: Nueva Editorial Interamericana.

Chase, R. Jacobs, F. Aquilano, N. 2009. *Administración de la producción y operaciones*. 12ª ed. México, D.F.: Mac Graw Hill.

Ching Tang, Loon et al. 2006. *Six Sigma. Advanced Tools for Black Belts and Master Black Belts*. England: John Wiley & Sons, Ltd.

Cuatrecasas, Luis. 2013. *Diseño avanzado de procesos y plantas de producción flexible. Técnicas de diseño y herramientas graficas con soporte informático*. 2ª Edición. Barcelona: PROFIT editorial.

Evans, Merran, Nicholas Hastings y Brian Peacock. 2000. *Statistical Distributions*. 3º ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc.

Gutiérrez Pulido, Humberto y Román de la Vara Salazar. 2009. *Control estadístico de calidad y seis sigmas*. 2º ed. México, D.F.: McGraw-Hill/ Interamericana Editores.

Heizer J. & Barry Render. 2008. *Dirección de la producción y de operaciones, Decisiones estratégicas*. 8ª Ed. Madrid: Editorial Pearson Educación.

Kotler, Philip y Kevin Lane Keller. 2006. Dirección de Marketing. 12ª ed. México, D.F.: Pearson Educación.

Kume, Hitoshi. 2002. *Herramientas estadísticas básicas para el mejoramiento de la calidad*. Bogotá: Editorial Norma.

Levine, David M. 2006. *Statistics for Six Sigma Green Belts with Minitab® and JMP™*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.

Montgomery, Douglas C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control*. 6º ed. Hoboken, N.J.: John Wiley & Sons, Inc.

Oakland, John S. 2003. *Statistical Process Control*. 5º ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Oakland, John S. 2008. *Statistical Process Control*. 6º ed. Oxford: Butterworth-Heinemann.

Thompson, James R. y Jacek Koronacki. 2002. *Statistical Process Control. The Deming Paradigm and Beyond*. 2º ed. Florida: Chapman & Hall/CRC.

5.2. Textos electrónicos

Miranda, Jorge y Luis Toirac. "Indicadores de productividad para la industria dominicana." *Ciencia y sociedad* 35 (2010): 235-90. https://www.intec.edu.do/downloads/pdf/ciencia_y_sociedad/2010/volumen_35-numero_2/899.pdf

Pritchard, Robert D., editor. 1995. *Productivity measurement and improvement: organizational case studies*. Westport: Praeger. http://books.google.com.pe/books?id=g_lbgYcgvf8C&printsec=frontcover&dq=productivity&hl=es&sa=X&ei=z2c0VMeVI4WWgwTdjYD4Bw&ved=0CCMQ6AEwAQ#v=onepage&q=productivity&f=false

Prokopenko, Joseph. 1987. *Productivity management: a practical handbook*. Geneva: International Labour Office. http://books.google.com.pe/books?id=0jyOKj8S_iYC&printsec=frontc

[over&dq=productivity&hl=es&sa=X&ei=z2c0VMeVI4WWgwTdjYD4Bw&ved=0CBwQ6AEwAA#v=onepage&q=productivity&f=false](http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3829811)

Tolamatl M., et al. 2009. Aplicación de Seis Sigma en una Microempresa del Ramo Automotriz. <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3829811>.

5.3. Tesis

Barahona Castillo, Leandro; Navarro Infante, Jessica. 2013. Mejora del proceso de galvanizado en una empresa manufacturera de alambres de acero aplicando la metodología lean six sigma. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Negrón N. Luis. 2009. Mejora de procesos en una imprenta que realiza trabajos de impresión offset basados en la empleando six sigma. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Portillo E., Ruddy, Quintanilla R. Abel y Alcir G. 2004. Propuesta de aplicación de la filosofía seis sigmas a las empresas certificadas con iso 9000 y orientadas al procesamiento de plásticos. Universidad Don Bosco de El Salvador.

5.4. Artículo

Stefano, Nara. "Herramientas para mejoría de la calidad y productividad: ISO 14000, Quality Function Deployment (QFD) y Six Sigma." Estudios do ISCA 8 (2014), de: [10.1234/ei.v0i8.2866](https://doi.org/10.1234/ei.v0i8.2866)

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de costos

CERAMICOS LAMBAYEQUE SAC

HOJA DE COSTOS

Al 31 de diciembre del 2014

PLANTA DE LADRILLOS INDUSTRIALES

I.	DESCRIPCION	Total	MESES 2014											
			Diciembre	Noviembre	Octubre	Setiembre	Agosto	Julio	Junio	Mayo	Abril	Marzo	Febrero	Enero
PRODUCTOS EN PROCESO - PAMPA														
a. Consumo de Materia Prima														
	Tierra amarilla	591 087,32	54 270,81	53 782,19	54 007,96	44 696,19	31 866,44	41 204,67	64 289,84	44 450,48	45 084,85	69 426,72	46 241,17	41 765,99
	Tierra negra	1 559 540,88	138 540,60	130 273,49	135 003,86	108 637,76	99 681,44	125 535,92	147 005,79	139 240,18	145 933,10	152 880,20	123 000,26	113 808,27
	Caolin	854 091,48	93 224,75	44 579,81	65 169,86	57 465,27	52 660,84	63 267,05	47 683,50	110 217,75	123 442,82	55 959,00	73 062,04	67 358,79
	Galleta	794 981,55	0,00	97 273,41	88 924,92	73 592,94	52 468,61	67 791,89	107 847,63	70 604,30	68 262,86	102 877,10	65 337,90	0,00
	Chamota	189 223,65	0,00	20 737,54	20 824,59	17 234,12	12 626,65	16 374,34	25 979,78	16 118,38	17 116,23	25 818,09	16 393,93	0,00
	Total Costo de Consumo materia prima	3 988 924,88	286 036	346 646	363 931,20	301 626,28	249 304	314 174	392 807	380 631	399 840	406 961	324 035	222 933
b. Consumo de Suministros de Planta - Esteras y Combustible														
	Combustible planta	338 381,80	24 060,81	20 705,35	20 748,74	15 940,06	27 050,00	29 346,72	37 512,10	36 247,02	33 205,68	36 272,13	29 621,37	27 671,82
	Consumo de Materiales Auxiliares, suministro y lubricantes	1 329 570,38	148 582,62	62,325,90	141 619,01	46 388,74	194,647,00	180 759,78	110 732,12	84 054,63	96 391,84	107 124,65	78 980,88	77 963,21
	Total Costo de Consumo de suministros	1 667 952,18	172 643	83 031	162 368	62 329	221 697	210 107	148 244	120 302	129 598	143 397	108 602	105 635
c. Area de Formado														

SUELDOS Y SALARIOS	523 672,11	36 022,72	36 947,93	33 696,87	38 357,73	35 504,03	39 155,87	44 224,55	54 986,80	54 575,47	46 472,40	52 446,27	51 281,47
GRATIFICACIONES	83 851,83	-1 878,83	7 158,93	6 981,01	7 109,32	6 961,78	3 544,63	5 238,38	12 244,71	9 362,97	8 716,86	9 305,91	9 106,16
BONIFICACION EXTRAORDINARIA ART. 3 LEY 29351	3 511,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-1 346,74	471,44	1 102,03	842,67	784,52	837,53	819,55
VACACIONES	54 846,55	9 588,76	2 451,79	5 687,48	768,96	2 810,68	3 093	10 294,23	5 113,21	1 602,33	4 069,17	6 010,98	3 355,50
GASTOS DE PERSONAL (UNIFORMES-CAPACITACION)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
REGIMEN DE PRESTACIONES DE SALUD	51 944,14	4 126,44	3 545,97	3 544,59	3 521,40	3 448,32	3 810,81	4 840,16	5 193,69	5 051,50	4 706,24	5 311,14	4 843,88
SENATI	4 270,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4 270,00	0,00	0,00	0,00	0,00
COMPENSACION POR TIEMPO DE SERVICIOS	56 674,01	3 724,41	6 741,50	3 734,48	3 803,11	3 724,19	3 719,41	4 293,76	5 900,50	5 162,84	5 082,74	5 475,14	5 311,93
OTRAS REMUNERACIONES - BONIFICACIÓN EXTRA	1 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1 000,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SCRT PENSION	4 829,63	0,00	622,56	162,89	162,89	679,34	651,20	369,61	1 151,58	199,71	199,72	36,82	593,31
SCTR SALUD	6 820,05	0,00	0,00	0,00	912,27	1 984,65	1 077,29	969,43	1 351,72	131,18	131,17	131,17	131,17
CANASTA NAVIDEÑA Y GASTOS RECREATIVOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SERPOST	46,61	33,90	0,00	0,00	0,00	12,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SERVICIOS DE ESTUDIO, MEDICION Y OTROS EN PRODUCCION	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	100,00	0,00
MANTENIMIENTO DE PLANTA	82 073,94	5 605,42	4 970,79	4 421,37	6 049,81	5 071,65	4 993,03	8 136,98	8 559,21	18 430,84	2 796,39	6 532,28	6 506,17
MANTENIMIENTO CARGADOR FRONTAL CDM 855F - PLANTA	122 284,93	21 387,22	11 100,38	9 971,28	5 309,56	2 616,86	3 732,19	5 147,70	24 751,96	20 818,49	1 039,32	3 535,00	12 874,97
MANTENIMIENTO DE MOTO CARGUERAS	23 807,05	3 010,00	2 395,00	2 448,47	780,00	600,00	3 876,44	2 106,31	2 386,17	860,00	559,32	315,42	4 469,92
ENERGIA	439 584,87	34 366,18	40 086,82	42 184,71	41 341,69	33 633,57	41 706,06	42 053,05	36 993,25	34 419,53	34 458,50	28 736,95	29 604,56
ALQUILERES (MAQUINARIA, EQUIPOS Y TERRENOS)	47 905,51	7 750,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2 100,00	32 233,00	5 123,35	699,16	0,00
SEGURO CONTRA TODO RIESGO, ACCIDENTE TRABAJO, PATRIMONIAL	26 774,07	2 956,94	1 137,30	3 683,59	3 009,57	3 103,30	3 209,76	1 514,74	1 403,62	-408,34	1 130,03	4 030,63	2 002,93
OTRAS CARGAS DIVERSAS DE GESTION	4 197,99	1 102,44	0,00	80,00	2 572,94	369,00	640,32	1 617,19	55,08	0,00	0,00	398,31	-2 637,29
DEPRECIAC MAQUINARIAS Y EQUIPO DE EXPLOTACION	317 078,06	26 377,07	26 377,07	26 350,46	26 274,90	26 274,90	26 232,94	26 232,94	26 175,82	42 478,35	20 691,08	21 904,43	21 708,10
Total Costos del Area de Formado	1 855 272,35	154 173	143 536	142 947	139 974	126 795	138 097	157 510	194 739	225 761	135 961	145 807	149 972
TOTAL COSTO DE PRODUCTOS EN PROCESO - PAMPA	7 512 149,41	612 852	573 214	669 246,15	503 929	597 795,96	662 377,04	698 561	695 672	755 197,92	686 319	578 444,68	478 540
	90 145,79	7 512 149											

PRODUCCION EN TONELADAS	107 277	9 524,91	8 604,95	9 244,37	7 632,51	6 335,69	7 794,24	9 974	9 638	10 092	11 024	9 002	8 410
COSTO POR TONELADA PRODUCIDA C1	70	64	67	72	66	94	85	70	72	75	62	64	57

II. PRODUCTOS EN PROCESO - HORNO

Transporte de Area secado-pampa al Horno (Asentadores Carga) S/	548 663,49	41 987,22	33 878,32	52 076,05	42 123,81	48 727,99	46 567,99	46 701,60	59 695,69	48 161,18	49 969,42	45 129,31	33 644,91
Total Costo de Productos en Proceso - Horno	548 663,49	41 987	33 878	52 076	42 124	48 728	46 567,99	46 702	59 696	48 161,18	49 969,42	45 129,31	33 644,91

PRODUCCION EN PROCESO CARGADAS A HORNO EN TONELADA TN	93 840,54	6 365	6 204	8 080	7 744	7 660	10 332	7 981	8 081	8 865	8 835	7 867	5 828
COSTO POR TONELADA CARGADA C2	6	7	5	6	5	6	5	6	7	5	6	6	6
TOTAL COSTO UNITARIO DE PROD EN PROCESO HORNO C3	76	71	72	79	71	101	89	76	80	80	68	70	63

III PRODUCTOS TERMINADOS - HORNO

a. <i>Consumo de Materia Prima</i>	Total	Diciembre	Noviembre	Octubre	Setiembre	Agosto	Julio	Junio	Mayo	Abril	Marzo	Febrero	Enero
Carbón	293 175,89	663,94	165,98	165,98	34 856,76	6,305.74	24 930,83	39 084,05	43 533,19	44 637,09	35 448,10	36 610,59	26 773,63
Cascara de café	341 569,55	23 113,93	29 568,97	29 607,72	34 885,00	31,950.03	33 528,73	36 667,19	19 844,24	24 892,34	26 284,92	28 885,81	22 340,68
Gabazo	0,00	0											
Aserrin	3 593,80	3 593,80											
Pajilla de Arroz	2 015,10	0	0	0	0	0	0,00	0	2 015,1	0	0	0	0
Guano	296 122,68	32 383,12	42 062,92	41 974,44	41 953,16	37 471,36	84 474,65	15 633,54	169,49	0	0	0	0
Total Costo de Consumo materia prima	936 477,01	59 755	71 798	71 748	111 694,92	75 727	142 934	91 385	65 562	69 529	61 733	65 496	49 114

b. *Consumo de Suministros de Planta*

Consumo de materiales auxiliares	325 022,11	37 146	15 581	35 405	30 926	48 662	45 190	27 683	17 653	18 890	19 248	16 733	11 905
Total Costo de Consumo de suministros	325 022,11	37 146	15 581	35 405	30 926	48 662	45 190	27 683	17 653	18 890	19 248	16 733	11 905

c **Area de Horno**

SUELDOS Y SALARIOS	477 064,62	36 854,83	36 742,72	36 837,50	36 281,50	38 737,33	37 107,94	41 961,53	41 302,97	44 272,50	44 535,00	42 450,80	39 980,00
GRATIFICACIONES	93 345,47	6 920,88	6 707,95	6 822,38	6 872,35	7 605,10	13 095,21	7 908,49	7 167,56	7 378,75	7 655,15	7 635,40	7 576,25
BONIFICACION EXTRAORDINARIA ART. 3 LEY 29351	3 555,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-523,73	711,76	645,08	664,08	688,96	687,19	681,85
VACACIONES	51 733,01	1 234,75	175,00	3 675,65	1 712,87	3 887,81	17 340,91	7 656,09	1 694,50	0,00	4 357,78	4 520,15	5 477,50
REGIMEN DE PRESTACIONES DE SALUD	47 679,48	3 428,06	3 322,59	3 646,18	3 419,50	3 864,61	4 966,58	4 458,73	3 869,77	3 984,53	4 400,36	4 227,39	4 091,18
COMPENSACION POR TIEMPO DE SERVICIOS	49 417,89	3 702,31	6 032,25	3 649,62	3 676,35	4 047,25	3 951,91	4 611,60	4 179,35	2 214,61	4 463,66	4 469,50	4 419,48
CANASTA NAVIDEÑA Y GASTOS RECREATIVOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SERVICIO DE EMBARRADO Y TAPADO PARA GALERIAS	68 128,10	4 616,60	7 062,50	6 787,50	5 457,50	6 470,00	8 552,50	9 622,00	8 794,50	6 775,00	3 990,00	0,00	0,00
MANTENIMIENTO DE PLANTA	38 661,11	1 461,26	6 043,80	3 719,48	3 215,49	2 437,29	6 097	4 719,29	2 691,86	1 659,33	572,71	5 520,50	523,20
ALQUILER DE TERRENO	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ENERGIA	109 896,22	8 591,55	10 021,71	10 546,18	10 335,42	8 408,39	10 426,51	10 513,26	9 248,31	8 604,88	8 614,63	7 184,24	7 401,14
OTRAS CARGAS DIVERSAS DE GESTION	9 564,36	1 157,82	1 123,30	480,00	200,00	220,00	930,00	1 299,85	0,00	854,24	0,00	2 489,15	810,00
DEPRECIACION EDIFICACIONES	60 280,92	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41	5 023,41
Total Gastos de Horno	1,009,326	72 991	82 255	81 188	76 194	80 701	106 968	98 486	84 617	81 431	84 302	84 208	75 984
TOTAL COSTO DE HORNO	2 270 825,50	169 892	169 635	188 341	218 815	205 090	295 092	217 554	167 833	169 851	165 283	166 437	137 003
PRODUCCION QUEMADA EN TONELADAS	81 648,26	5 399	6 234	6 962	7 451	7 057	5 162	7 391	7 738	7 993	8 145	7 081	5 038
(+) COSTO UNITARIO C4	28	31	27	27	29	29	57	29	22	21	20	24	27
COSTO UNITARIO C3	76	71	72	79	71	101	89	76	80	80	68	70	63
COSTO UNITARIO TOTAL POR TN QUEMADA C5	104	102	99	106	101	130	147	105	101	102	88	93	90

IV. PRODUCTOS TERMINADOS - ALMACEN													
Transporte de horno al almacen (asentadores) S/.	309 126,53	21 107,33	15 554,85	27 955,82	31 287,63	27 021,07	21 418,51	17 887,64	37 008,36	26 873,08	30 730,80	24 299,70	27 981,74
Total Costo de Productos Terminados - Almacen	309 126,53	21 107	15 555	27 956	31 288	27 021	21 419	17 888	37 008	26 873,08	30 731	24 300	27 982
PRODUCCION DESCARGADAS A ALMACEN EN TONELADA	47 241,69	3 045,35	2 311,66	3 411,26	5 355,87	4 018,30	3 457,47	2 530	5 251	4 844	4 324	3 377	5 316
COSTO UNITARIO POR TONELADA DESCARGADA C6	7	7	7	8	6	7	6	7	7	6	7	7	5
COSTO UNITARIO POR TONELADA QUEMADA C5	104	102	99	106	101	130	147	105	101	102	88	93	90
COSTO UNITARIO TOTAL POR TONELADA EN ALMACEN C7	110	109	106	114	107	137	153	112	108	107	95	101	95
TOTAL COSTOS DE PRODUCCION	10 640 765	845 839	792 281	937 619	796 156	878 635	1 025 456	980 704	960 209	1 000 083	932 302	814 311	677 170

Fuente: Cerámicos Lambayeque

Anexo 2. Hoja de observación y tiempo estándar en el proceso de producción de ladrillo techo N° 15

N°	descripción de las actividades	Número de muestras					total segundos	Tiempo Promedio segundos	Desempeño	tiempo normal segundos	tiempo en estándar segundos
		1	2	3	4	5					
1	Medición de porciones de arcilla	625	633,2	645,5	666,8	671,7	3242	648,44	0,85	551,2	720,49
2	Transporte y carga de arcilla a tolva de molienda	355	362	365	372	388	1842	368,40	0,85	313,1	409,33
3	Inspección y picado manual de la mezcla obtenida	315	370	370	372,42	369,23	1797	359,33	0,8	287,5	375,77
4	Llevar la mezcla de la tolva de molienda para su tamizado por fajas transportadoras.	355	380	401	450	473	2059	411,80	1	411,8	538,30
5	Tamizado de materia prima	160	179,74	179,82	180,09	180,21	880	175,97	1	176,0	230,03
6	Llevar la mezcla por fajas transportadoras a amasadora	950	945,6	968,74	982,31	991,3	4838	967,59	1	967,6	1264,82
7	Control y Suavización de mezcla mediante remojado de agua	680	673,13	686,23	6	205,15	2251	450,10	0,85	382,6	500,11
8	Removido y amasado de mezcla	800	815,75	830,9	845,61	851,45	4144	828,74	0,75	621,6	812,49
9	Llevar la mezcla por fajas transportadoras a laminadora	850	857,32	831,56	865,98	877,35	4282	856,44	1	856,4	1119,53
10	Laminad	970	961,7	992	901	977,32	4802	960,40	1	960,4	1255,43
11	Demora en la preparación y limpieza de máquinas para moldeo.	875	877,2	869,9	878,13	882,01	4382	876,45	0,85	745,0	973,83
12	Llevar mezcla a la máquina de moldeo por medio de fajas transportadoras.	525	549,87	549,95	550	550,3	2725	545,02	1	545,0	712,45
13	Moldeado o formado de ladrillos	725	732,19	745,06	760,37	789,9	3753	750,50	1	750,5	981,05
14	Sellado de ladrillos	690	687,75	687,9	687,99	688,57	3442	688,44	1	688,4	899,92
15	Corte de ladrillos	1145	1073,34	113,72	123,98	124,53	2581	516,11	0,85	438,7	573,46
16	Preparación de moto carga	60	59,99	56,96	67,37	61,17	305	61,10	0,85	51,9	67,89

17	Colocación de ladrillos a moto carga	200	256,2	285,77	261,82	297,29	1301	260,22	0,85	221,2	289,13
18	Demora en el Control de unidades producidas	100	103,33	110	102,11	183,5	599	119,79	0,85	101,8	133,10
19	Transporte de ladrillo a área de secado	280	281,99	296,78	280,35	299,59	1439	287,74	0,85	244,6	319,71
20	Apilamiento de ladrillo crudo	80	84,99	81,28	88,17	95,45	430	85,98	1	86,0	112,39
21	Colocación de esteras sobre los ladrillos	750	799,46	778,33	771,01	694,74	3794	758,71	0,9	682,8	892,60
22	Secado de ladrillos	860 000	831 902,85	710 099,03	887 981,14	840 401,31	4130384	826076,87	1	826076,9	1079839,04
23	Canteo de ladrillos	1830	2589,19	2317,49	1826,51	1748,01	10311	2062,24	0,8	1649,8	2156,59
24	Carga de ladrillos	375	382,29	355,99	437,51	381,04	1932	386,37	0,85	328,4	429,30
25	Transporte de ladrillos al horno en camión carga	480	483,91	471,52	477,34	475,91	2389	477,74	0,85	406,1	530,82
26	Descarga en el encendido de combustible	450	458,75	427,19	508,31	449,9	2294	458,83	0,9	412,9	539,80
27	Demora en el Encendido de combustibles	2500	1998,26	1999,38	1997,9	2003,15	10499	2099,74	0,9	1889,8	2470,28
28	Alimentación de combustibles cada 30 minutos	60	58,95	59,16	63,49	60,05	302	60,33	0,9	54,3	70,98
29	Cocción de ladrillo	518 400	506325,5	516369,1	516391,2	526570,6	2584056	516811,28	1	516811,3	675570,30
30	Sellado de hornillas	300	301,2	297,35	300,21	298,07	1497	299,37	1	299,4	391,33
31	Demora en el enfriamiento del horno en forma natural	43200	43160,2	41119,9	48798	44040,2	220318	44063,66	1	44063,7	57599,56
32	Carga de ladrillos	500	503,58	490,82	497,99	507,87	2500	500,05	0,85	425,0	555,61
33	Transporte de ladrillos a almacén Descarga de ladrillos	300	305,46	309,37	308,21	293,19	1516	303,25	0,85	257,8	336,94
34	Descarga de ladrillos	200	490,72	479,06	462,31	486,28	2118	423,67	0,85	360,1	470,75
Total							7025003	1405001		1403119	1834143

Fuente: Elaboración propia

Anexo 3. Cotización de Hornos Hoffman

Almeyda Torres José Luis
CONSTRUCTOR DE HORNOS PARA LADRILLOS Y OTROS SERVICIOS
DE OBRAS CIVILES EN GENERAL

Lima, 16 de Setiembre del 2014

LISTA DE MATERIALES PARA 3 HORNOS CERRADOS

450 millares de ladrillos KK mano cocido.
105 millares de ladrillos cuña según medida 1era vuelta.
100 m3 de arena gruesa
550 varillas de fierro de ½
60 varillas de fierro de 3/8
80 varillas de fierro de 5/8
150 kilos de alambre numero 16.
30 hojas de sierra
30 cilindros de melaza.
120 tubos de plástico de 6"
240 bolsas de cemento refractario.
35 anillos y tapas de 0.60 de diámetro (fundición)
528 tapas y anillos de 6" de diámetro de fundición (fundición)
120 kilos de clavo de 2"
10 tubos de PCV de 1 ½ para termocupla
24 volquetes de tierra de 15 m3.
80 m3 de piedra chancada.
15 discos de corte diamantado de 14 plg.

Fuente: Cerámicos Lambayeque S.A.C.

Almeyda Torres José Luis
CONSTRUCTOR DE HORNOS PARA LADRILLOS Y OTROS SERVICIOS
DE OBRAS CIVILES EN GENERAL

Lima, 16 de Setiembre del 2014

PRESUPUESTO MANO DE OBRA

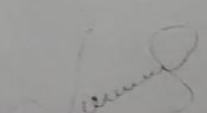
Presupuesto por 3 hornos Hffman cerrados de largo de 61.45 mts x 3.60 ancho interior x 3.60 alto.

ESPECIFICACIONES:

- Excavación de zanja de 61.45 de largo x 1.60 de ancho x 0.30 de profundidad.
- Llenado de zanja con malla de fierro $\frac{1}{2}$ al cuadrado 25 cm con piedra zanja.
- Asentado de ladrillos KK mano cocido del nivel cero hasta la altura 2.00 x 1.60 de ancho x 61.45 mts de largo.
- Encofrado de arcos de madera y reglas para luego asentar la cuña 1era vuelta.
- Asentado de ladrillos para ducto de aire.
- Colocación de anillos de metal con cemento.
- Encofrado de ducto con malla de fierro de $\frac{3}{8}$ " y vaciado de concreto.
- Embarrado de ductos con melaza y tierra molida.
- Llenado de tierra arriba de os hornos con ayuda de la pala de la empresa.
- Llenado de concreto de ductos de aire.
- Colocación de anillos de 6".
- Asentado de KK mano loza final.
- Colocación de Damper en ducto de concreto
- Embarrado de melaza los 3 hornos y nivelación de piso para las cachamadas de ladrillos.
- Construcción de machones laterales.

COSTO M/O POR HORNO ES S/. 90,000.00
COSTO TOTAL M/O POR 3 HORNOS S/. 270,000.00 + IGV

Obra terminada en 4 meses, no faltando materiales.
Adelanto 20%



JOPSE LUIS ALMEYDA TORRES

Anexo 4. Cotización de capacitación para la implementación de la filosofía Six Sigma

**GRUPO
DASARO**

Chiclayo, 24 octubre del 2014

Carta N° 025-2014/DASARO

Señores:
Empresa Cerámicos Lambayeque S.A.C.
Presente. -

Asunto: Remito proforma para Capacitación in House en introducción, capacitación e implementación de la filosofía Six Sigma.

Mediante el presente documento le remito la propuesta técnica económica.

**PROPUESTA TÉCNICA N° 015 – 2014
CAPACITACIÓN**

I. OBJETIVOS

- ✓ Capacitar a los trabajadores en temas de orden y manejo del proceso de producción con el fin de cumplir con los requerimientos del cliente.
- ✓ Promover a cultura de seguridad y comportamiento.
- ✓ Conocer los lineamientos que se siguen para controlar la ejecución de las mejoras de la filosofía Six Sigma.

II. PUNTOS CLAVES DEL TEMA

- ✓ Esta descentralizada en una estructura constituida para la detección y solución de los problemas.
- ✓ Uso estructurado de las herramientas de mejora y de las técnicas estadísticas.
- ✓ Se provee toda una estructura de apoyo y capacitación al personal, para el empleo de las herramientas de mejora.
- ✓ Se va a la causa raíz para implementar soluciones sólidas y efectivas y así prevenir la recurrencia de los problemas.
- ✓ Se establecen planes de entrenamiento estructurados para la aplicación de las técnicas estadísticas requeridas.
- ✓ Se enfoca hacia el control de las variables clave de entrada al proceso, las cuales generan la salida o producto deseado del proceso.

III. LUGAR, PLAZOS Y CONDICIONES DE LA CAPACITACIÓN:

La capacitación se realizará en las instalaciones del establecimiento, siendo responsabilidad de la empresa brindar las siguientes condiciones:

- ✓ Ambiente adecuado (mesas y sillas).
- ✓ Proyector multimedia.
- ✓ Audio.

DASAROGROUP S.A.C.
Av. América N° 426 J.L.O. / Teléfono (074) 512462
RUC: 20600793846

www.dasaro.pe

IV. TEMAS PROPUESTOS A ESCOGER

Estos están ligados a las fases de la filosofía Six Sigma:

1. Definición
2. Medición
3. Análisis
4. Mejora
5. Control

Puntos clave propios del proceso:

1. Principios de la filosofía Six Sigma.
2. La definición de procesos en cada área.
3. Responsables de cada proceso.
4. Responsables de los equipos de trabajo.
5. Información presentada de todas las operaciones que se siguen en la empresa.
6. Identificar las áreas con problemáticas.
7. Identificar a los clientes y proveedores.
8. Identificar las medidas de control y mejora.

V. INVERSIÓN DE LA CAPACITACIÓN

CAPACITACIÓN PARA 50 a 80 personas

Por 01 capacitación	: Mil cuatrocientos soles (1 400,00 soles) + IG
Por 02 capacitaciones	: Dos mil quinientos soles (2 500,00 soles) + IG
Por 03 capacitaciones	: Cuatro mil soles (4 000,00 soles) + IG
Por 04 capacitaciones	: Cinco mil quinientos soles (5 500,00 soles) + IG

Las capacitaciones tienen una duración de 4 horas.

VI. BENEFICIOS OTORGADOS

- ✓ Ponentes especializados en materia de mejora de procesos, con colegiatura CIP y habilitado.
- ✓ Certificado de participación o aprobación por cada participante, para cada capacitación.
- ✓ Certificado a la Empresa por cada capacitación.
- ✓ Material de Trabajo: Presentaciones de ponencia, hojas bond, lapiceros.
- ✓ Factura.

Sin otro particular nos despedimos de ustedes y esperando vernos favorecidos.


Max Lenox Samané Ueda
DASARO GRUPO S.A.C.
GERENTE GENERAL