

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO PRODUCTIVO DE
LADRILLO N°12 EN LA FÁBRICA DE LADRILLOS SERMATCON
S.R.L. PARA SATISFACER LA DEMANDA**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

EDUARDO ANTONIO RAMIREZ VALLADARES

Chiclayo, 28 de Octubre de 2016

**“PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESO PRODUCTIVO DE
LADRILLO N°12 EN LA FÁBRICA DE LADRILLOS SERMATCON
S.R.L. PARA SATISFACER LA DEMANDA”**

POR:

EDUARDO ANTONIO RAMIREZ VALLADARES

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo para
optar el título de**

INGENIERO INDUSTRIAL

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

Mgtr. César Ulises Cama Peláez
PRESIDENTE

Ing. Joselito Sánchez Pérez
SECRETARIO

Mgtr. Sonia Mirtha Salazar Zegarra
ASESOR

DEDICATORIA

La presente tesis va dedicada a mi familia, por su apoyo incondicional y su infinito amor durante estos años de estudio.

A mi madre, Zulema Valladares, por su amor y su sacrificio durante todos mis años de vida y por ser el motor que ha impulsado mi carrera.

A mis hermanas, Andrea y Brunella, por su amoroso apoyo y su predisposición a ayudarme y escucharme siempre.

A mis abuelos, Carlota y Reinerio, por ser la razón de que hoy esté culminando mis estudios superiores de manera exitosa y por ser las personas más importantes de mi vida.

A mis amigos, que siempre me han acompañado y que hoy comparten de manera especial este momento en mi carrera.

A Dios, por su infinito amor y bondad.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por permitirme llegar hasta aquí y rodearme de personas maravillosas que han contribuido de manera importante a mi formación profesional y humana.

A mi asesora de tesis, la Ing. Sonia Salazar, por su apoyo académico y constante preocupación por el desarrollo de este proyecto, por sus consejos y su predisposición siempre para ayudarme.

A los ingenieros Martha Tesén y César Cama, por su apoyo incondicional y sus sabios consejos, que han formado en mí un carácter de responsabilidad, seriedad y rigor académico, pilares sin los cuales no habría podido tener una formación completa como ingeniero industrial.

A mi madre, por permitirme y ayudarme a culminar mis estudios superiores, por ser la persona que siempre cree en mí y por sus consejos que han hecho de mí una mejor persona cada día.

INDICE

Capítulo 1. Introducción	
Capítulo 2. Marco de referencia del problema	
2.1. Antecedentes	8
2.2. Fundamentos teóricos	13
Capítulo 3. Resultados	13
3.1. Diagnóstico general de la empresa	15
3.2. Descripción del sistema productivo	24
3.3. Identificación de problemas en el sistema productivo	24
3.3.1 Problemas y respectivas causas en el sistema productivo	24
3.4. Desarrollo de la propuesta de mejora	34
3.4.1 Desarrollo de mejoras para el problema 01	34
3.4.2 Desarrollo de mejoras para el problema 02 y 03	47
3.4.3 Nuevos indicadores	47
3.4.4 Cuadro comparativo de indicadores	53
3.5. Análisis Costo-Beneficio	60
3.5.1 Costos de la propuesta	62
3.5.2 Nuevos ingresos generados por la mejora	63
3.5.3 Gastos generales de la empresa	63
3.5.4 Financiamiento y Servicio de Deuda	63
3.5.5 Flujo de caja	64
Capítulo 4. Conclusiones	64
Capítulo 5. Referencias bibliográficas	65
Capítulo 6. Anexos	81
	82
	83

INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla 01: Producción de ladrillos N°12

Tabla 02: Demanda de ladrillo N°12	
Gráfico 01: Demanda ladrillo vs Producción ladrillo N°12	
Tabla 03: Producción vs P.Factible vs Demanda	11
Gráfico 02: Producción vs P.Factible vs Demanda	12
Tabla 04: Características de Ladrillo N°12	13
Tabla 05: Materiales insumos para un lote de 72 unidades	15
Tabla 06: Actividades del proceso de mezclado	24
Tabla 07: Demanda insatisfecha de ladrillo N°12	24
Tabla 08: Tabla de unidades reprocesadas	24
Tabla 09: Indicadores de producción y productividad actuales	34
Tabla 10: Pronóstico de la Demanda de ladrillo N°12	34
Tabla 11: Observaciones preliminares del proceso de producción	47
Tabla 12: Tabla para calcular el número de observaciones	47
Tabla 13: Resumen de causas observadas	53
Tabla 14: Porcentaje de causas de reprocesos	60
Tabla 15: Promedio de fallos por operario	62
Tabla 16: Análisis comparativo de operarios	63
Tabla 17: Resumen de actividades del proceso de mezclado	63
Tabla 18: Producción real 2014 vs Capacidad de planta	63
Gráfico 03: Producción real 2014 vs Capacidad de planta	64
Tabla 19: Composición de la mezcla para fabricar ladrillo	64
	65
	67
	68
Tabla 20: Ficha técnica del molde propuesto	
Tabla 21: Ficha técnica de moto carguera	
	Tabla 22: Actividades d
	proceso de mezclado
	propuesto

Tabla 23: Observaciones realizadas con la mejora propuesta	
Tabla 24: Posibles incrementos de producción de acuerdo a mejoras	
Tabla 25: Demanda de ladrillo N°12 vs Producción Factible	
Gráfico 04: Demanda de ladrillo N°12 vs Producción Factible	
Tabla 26: Cuadro comparativo de indicadores	
Tabla 27: Costos asociados a la mejora 01	
Tabla 28: Costos asociados a la mejora 02	
Tabla 29: costos generales de la empresa	74
	76
	77
	80
	81
	82
	82
	83
	83
	83
	85

RESUMEN

El presente trabajo de investigación se desarrolla debido a la baja producción de ladrillos de concreto en la empresa SERMATCON S.R.L. debido a una deficiente metodología de trabajo en el proceso productivo y a sus variables no ajustadas adecuadamente a sus condiciones óptimas de operatividad.

La presente tesis realiza el análisis de las condiciones actuales de la empresa y la evaluación del proceso productivo, determinando cuáles son los problemas que ocasionan los bajos niveles de producción, llegando a referenciar los problemas por alto número de unidades reprocesadas, elevados tiempos en el proceso de mezclado y capacidad limitada

de la planta. Posteriormente se seleccionan los problemas más importantes, es decir los que afectan en mayor cantidad el nivel de producción y se analizan sus causas.

Luego se procedió a diseñar las mejoras necesarias que abarcan tanto el rediseño de los procesos productivos como la propuesta de un procedimiento de trabajo nuevo para la operación de desmolde, así como la adquisición de materiales y maquinaria necesaria para implementar la mejora. Asimismo se redistribuyó las instalaciones para lograr un flujo de materiales y procesos continuo.

El diagnóstico inicial arroja que el nivel de producción actual es de 27,56 unidades por hora, comparado con los nuevos indicadores que se obtendrían de implementarse la mejora (40,47 unidades por hora), supone un incremento de 46,48%, así también la capacidad de planta se vio aumentada en un 53,53%. Por tanto, se comprueba que el nivel de producción aumentó significativamente y la planta va a tener la capacidad de asimilar ese crecimiento.

Finalmente, se analiza la viabilidad económica de la propuesta a través de un análisis costo beneficio que permite concluir en que la propuesta es factible económicamente y permitirá a la empresa recuperar su inversión en 1 año y tres meses y obtener un beneficio de 0,22 nuevos soles por cada sol invertido.

PALABRAS CLAVE: Proceso productivo artesanal, método de trabajo, fabricación de ladrillo de concreto.

ABSTRACT

The present work of investigation departs as initiative due to the low production of bricks of concretly from the company SERMATCON S.R.L. which answers to a deficient methodology of work inside the productive process and variables inside the same one, not fitted adequately to his ideal conditions of operability. The present thesis realizes the analysis of the current conditions of the company and the evaluation of the in force situation of the productive process, so that it could determine which are the problems that cause the low levels of production, managing to index the problems for high number of re-processed units, high times in the process of mixed and limited capacity of the plant.

Later the most important problems select, that is to say those who affect in major quantity the level of production and his reasons are analyzed. Then one proceeded to design the necessary improvements that include both the redesign of the productive processes and the offer of a procedure of new work for the operation of desmolde and the acquisition of materials and necessary machinery to implement the improvement. Likewise the facilities were redistributed to achieve a flow of materials and processes continue.

The initial diagnosis throws us that the level of current production is 27,56 units per hour, this compared with the indicators that would be obtained of there be implementing the improvement, which was throwing 40,47 units per hour, supposes an increase of 46,48 %. This way also the capacity of plant met increased in 53,53 %. Therefore, there is verified that the level of production increased significantly and the plant is going to have the aptitude to assimilate this growth.

Finally, the economic viability of the offer analyzes across an analysis cost benefit that it allows to conclude in that the offer is feasible economically and it will allow to the company to recover his investment in 1 year and three months and to obtain a benefit of 0,22 nuevos soles for every reversed nuevo sol.

KEYWORDS: artisan productive process, work method, concrete brick manufacturing.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa "SERMATCON — EV Ventas, Servicios, materiales para la construcción SRL" se dedica principalmente a la fabricación de ladrillos de concreto y agregados. Actualmente cuenta con una línea de producción que trabaja 6 días a la semana, de lunes a sábado, completando semanalmente 48 horas.

Su principal producto es el ladrillo de concreto Muro N°12, el cual abarca casi la totalidad de su línea de producción ya que es el más solicitado por la empresa ISOMETRIKA y tiene un precio de 1800 nuevos soles el millar en fábrica y 2100 el millar puesto en obra.

ISOMETRIKA es una empresa de construcción que se encuentra en sociedad con la fábrica de ladrillos SERMATCON SRL, y es, esta última la que se encarga de abastecer de ladrillos de concreto a la primera. Sin embargo actualmente existe una demanda insatisfecha de la constructora, debido a que la producción de la fábrica no logra cubrir el total de los pedidos semanales que se realizan.

En las siguientes tablas se muestran los datos de producción brindados por la empresa SERMATCON SRL de los últimos seis meses, así como los datos de la cantidad de ladrillos demandados por la empresa ISOMETRIKA en el mismo periodo de tiempo.

Tabla 01: Producción de ladrillo N°12 en la empresa SERMATCON (unidades)

Meses	Semanas	Total/ semana	Total mensual	Meses	Semanas	Total/ semana	Total mensual		
Ene-14	Semana 1	977	6 024	Ago-14	Semana 31	1 345	5 151		
	Semana 2	1 297			Semana 32	1 320			
	Semana 3	1 394			Semana 33	1 189			
	Semana 4	1 304			Semana 34	1 297			
	Semana 5	1 052		Set-14	Semana 35	1 456	5 256		
Semana 6	1 222	Semana 36	1 265						
Semana 7	1 319	Semana 37	1 348						
Semana 8	1 302	Semana 38	1 187						
Feb-14	Semana 9	1 286	5 129	Oct-14	Semana 39	1 377	5 858		
	Semana 10	1 299			Semana 40	1 428			
	Semana 11	1 326			Semana 41	1 556			
	Semana 12	1 340		Semana 42	1 497				
Mar-14	Semana 13	1 319	5 284	Nov-14	Semana 43	1 632	5 981		
	Semana 14	1 329			Semana 44	1 433			
	Semana 15	1 371			Semana 45	1 276			
	Semana 16	1 279			Semana 46	1 640			
Abr-14	Semana 17	1 304	5 283	Dic-14	Semana 47	1 620	2 965		
	Semana 18	1 035			Semana 48	1 345			
	May-14	Semana 19		1 440	6 271	Ene-15	Semana 1	1 324	5 220
		Semana 20		1 298			Semana 2	1 241	
Semana 21		1 266	Semana 3	1 180					
Semana 22		1 232	Semana 4	1 475					
Jun-14	Semana 23	1 344	5 197	Feb-15	Semana 5	1 290	5 314		
	Semana 24	1 346			Semana 6	1 435			
	Semana 25	1 226			Semana 7	1 164			
	Semana 26	1 281			Semana 8	1 425			
Jul-14	Semana 27	1 327	5 267	Mar-15	Semana 9	1 247	5 190		
	Semana 28	1 252			Semana 10	1 432			
	Semana 29	1 430			Semana 11	1 502			
	Semana 30	1 258			Semana 12	1 009			

Fuente: Fábrica de ladrillos SERMATCON SRL.

Elaboración propia.

Tabla 02: Demanda de ladrillos de concreto N°12 de la empresa ISOMETRIKA

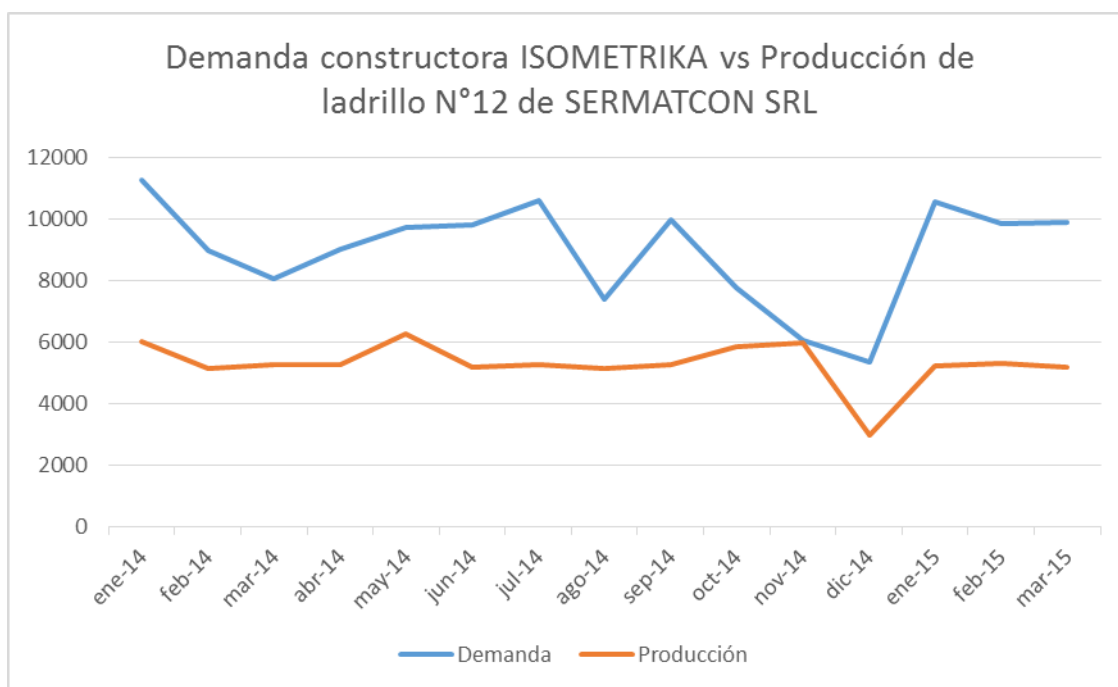
(unidades)

Meses	Semanas	Total/ semana	Total mensual	Meses	Semanas	Total/ semana	Total mensual
Ene-14	Semana 1	1 202	11 256	Ago-14	Semana 31	2 032	7 390
	Semana 2	2 818			Semana 32	0	
	Semana 3	0			Semana 33	2 483	
	Semana 4	3 740			Semana 34	2 875	
	Semana 5	3 496		Set-14	Semana 35	2 304	9 979
Feb-14	Semana 6	1 930	Semana 36		2 800		
	Semana 7	2 581	Semana 37		2 741		
	Semana 8	1 438	Semana 38		2 134		
	Semana 9	3 027	Oct-14	Semana 39	0	7 764	
Mar-14	Semana 10	2 332		Semana 40	2 525		
	Semana 11	1 076		Semana 41	2 884		
	Semana 12	1 710		Semana 42	2 355		
	Semana 13	2 938	Nov-14	Semana 43	2 969	6 067	
Abr-14	Semana 14	1 562		Semana 44	350		
	Semana 15	1 043		Semana 45	2 748		
	Semana 16	2 880		Semana 46	0		
	Semana 17	3 524	Dic-14	Semana 47	2 810	5 337	
May-14	Semana 18	1 413		Semana 48	2 527		
	Semana 19	0	Ene-15	Semana 1	2 564	10 557	
	Semana 20	2 752		Semana 2	2 723		
	Semana 21	2 307		Semana 3	2 632		
	Semana 22	3 251		Semana 4	2 638		
Jun-14	Semana 23	1 330	9 829	Feb-15	Semana 5	2 334	9 875
	Semana 24	2 787			Semana 6	2 510	
	Semana 25	2 675			Semana 7	2 350	
	Semana 26	3 037			Semana 8	2 681	
Jul-14	Semana 27	3 100	10 589	Mar-15	Semana 9	1 905	9 900
	Semana 28	2 982			Semana 10	2 657	
	Semana 29	2 032			Semana 11	2 750	
	Semana 30	2 475			Semana 12	2 588	

Fuente: Fábrica de ladrillos SERMATCON SRL

Elaboración propia.

Gráfico 01: Demanda de la constructora Isométrika vs producción de la fábrica
SERMATCON SRL de enero a julio del 2014



Elaboración propia.

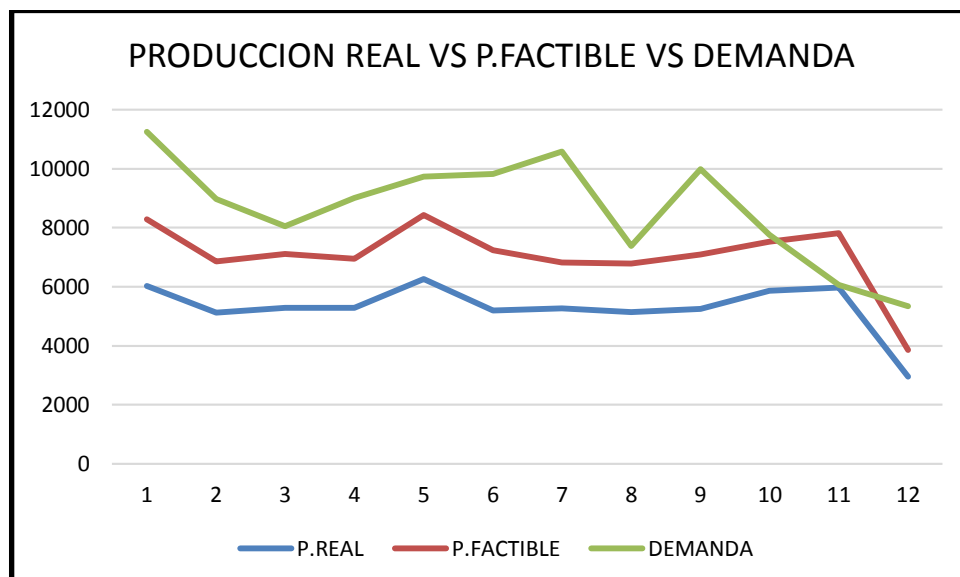
Tal como se observa en el gráfico 01, la demanda de la constructora no está cubierta en su totalidad por la producción de ladrillos de la fábrica, lo cual representa un problema y una oportunidad de crecimiento para SERMATCON SRL ya que, si bien es cierto, hubo una disminución de la demanda entre los meses de enero y abril, ahora se observa un crecimiento en la misma, que podría ser aprovechado por la fábrica de ladrillos para generar mayores ingresos y evitar contratiempos a la constructora.

Debido a que la demanda de la empresa ISOMETRIKA supera ampliamente a la producción de la ladrillera SERMATCON SRL, se generan pérdidas de dinero significativas que calcularemos multiplicando la cantidad de demanda insatisfecha por el precio del ladrillo n°12 por unidad. La siguiente tabla muestra las pérdidas de dinero en soles por mes:

Tabla 03: Producción real vs Producción factible vs Demanda en unidades (Ene – Dic 2014)

P.REAL	P.FACTIBLE	DEMANDA
6 024	8 284	11 256
5 129	6 862	8 976
5 284	7 113	8 056
5 283	6 958	9 009
6 271	8 427	9 723
5 197	7 244	9 829
5 267	6 820	10 589
5 151	6 795	7 390
5 256	7 090	9 979
5 858	7 527	7 764
5 981	7 823	6 067
2 965	3 863	5 337

Gráfico 02: Producción real comparada con la factible y la demanda



Dicho esto, se consideró que una mejora del proceso productivo de la fábrica de ladrillos podría ayudar a aumentar el nivel de producción y satisfacer la demanda de la constructora, por tanto, la presente investigación pretende realizar un análisis de la situación actual del proceso productivo de la empresa para identificar el problema principal, luego de esto se procederá a hacer la propuesta de mejora y finalmente el análisis costo beneficio de la misma, para verificar la viabilidad de las soluciones planteadas.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

Peter C. Sander et al. (2009) en su investigación “Los ladrillos para edificios y la calidad del producto: Una visión general de algunos conceptos y principios básicos” tenía como objetivo principal dar unas nociones básicas acerca de la fabricación de ladrillos y la calidad del mismo y hacer el estudio de variables que permitan a las empresas tomar los datos necesarios para modificar sus procesos y responder de manera inmediata al mercado tan cambiante y diversificado de la actualidad. Dentro de las variables menciona la curva de aprendizaje de los operarios, la cual debe ser cada vez más rápida de modo que los procesos sean más eficientes y permitan a las empresas ser más competitivas. Otra variable importante en el estudio es la calidad del producto, la cual está directamente relacionada con la asimilación de mejor tecnología que permita obtener un mejor producto. Analiza también el diseño de los procesos, concluyendo en que los procesos y subprocesos deben ser controlados de manera eficaz y se debe identificar que en cada parte del proceso hay varias tareas de desarrollo que deben ser tomadas en cuenta para optimizarlo, para ello es necesario que las decisiones, tomadas al inicio del proceso de desarrollo de productos, se tomen basadas en información muy precisa y detallada que opera con tiempos de respuesta cortos. Sólo esto permite una combinación de feed-forward y control de retroalimentación que se necesita para el éxito de la ingeniería concurrente.

Moros et al. (2008) en su investigación "Rediseño de procesos productivos mediante reconversión tecnológica de las pequeñas empresas ladrilleras ubicadas en el parque minero industrial del Mochuelo" tenían como objetivo principal rediseñar los procesos productivos mediante reconversión tecnológica para pequeñas ladrilleras ubicadas en el Parque Minero Industrial El Mochuelo, localidad de Ciudad Bolívar, utilizando la ladrillera "LUISBOR" como base del estudio. Los objetivos específicos eran los siguientes: realizar un diagnóstico de los procesos productivos utilizados actualmente en la ladrillera "LUISBOR" con el fin de identificar los puntos críticos, definir las tecnologías que ofrece el mercado actualmente, aplicables a los procesos productivos de las ladrilleras, definir operaciones sujetas a cambios tecnológicos que representan problemas relacionados con la capacidad productiva y contaminación ambiental en la ladrillera "LUISBOR", rediseñar los procesos productivos en la

ladrillera "LUISBOR" y efectuar la evaluación financiera de la propuesta de mejoramiento para establecer la viabilidad de la misma. La metodología empleada se basó en un análisis de todo el proceso a través de diagramas de flujo y la determinación de los problemas que se presentaban en el proceso y en cada área de la empresa. Luego, a través de un Pareto se determinó las causas y principales problemas en la fábrica, finalmente se aplicó la reconversión tecnológica y un análisis costo beneficio para evaluar la viabilidad de las soluciones propuestas. Como resultado se obtuvo que la producción mensual útil de la ladrillera aumentó en un 44% al utilizar la nueva tecnología y rediseñar el proceso, además la implementación de un nuevo horno tipo colmena permite a la empresa estar dentro de los límites máximos permisibles de emisión de partículas al medio ambiente.

Llivigañay et al. (2008) en su investigación "Diseño para la propuesta de tecnificación de una fábrica artesanal de ladrillos" tiene como objetivo principal realizar un estudio de pre factibilidad para la tecnificación de una fábrica artesanal de ladrillos, mediante los objetivos específicos siguientes: determinar la situación actual de la empresa, realizar una análisis y planeación de procesos y un plan de requerimiento de materiales y capacidad basada en la propuesta de tecnificación de la fábrica, evaluar la viabilidad económica de la propuesta, establecer un nuevo sistema de producción que nos permita reducir los costos operativos de la empresa y aumentar sus utilidades y establecer indicadores que nos permitan evaluar el desempeño de la empresa en el área de producción. La metodología empleada se basó en varios tipos de análisis, primero un análisis del proceso para determinar la situación actual, luego un análisis FODA que permitió saber los puntos fuertes y falencias en la empresa. El análisis tecnológico para la maquinaria requerida permitió determinar la maquinaria requerida y finalmente el estudio de mercado justificó la inversión realizada. Los resultados obtenidos muestran que de implementarse las mejoras, la productividad aumentaría en un 300% y permitiría reducir los tiempos de entrega a los clientes.

Solís (2014) en su investigación "Evaluación del proceso productivo de la planta industrial Ladrillera Terraforte de 2012 a 2013", realizó la evaluación y desempeño del proceso productivo de la Planta Ladrillera Industrial "Terraforte" durante el período 2012-2013, mediante una investigación y relevamiento de información en campo. Se tomó muestras de material a la entrada y salida de cada uno de los equipos

de proceso y se realizó ensayos en el laboratorio de: humedad y granulometría, además se obtuvo los datos de las condiciones de operación de los diferentes procesos, tales como: flujo másico, flujo volumétrico, temperatura y presión. Se procedió a realizar un análisis estadístico de los datos obtenidos. Con esta información se elaboró el diagrama de flujo de procesos y el balance de masa de la Planta Ladrillera Terraforte. Conjuntamente, se realizó un estudio energético de las unidades de pre-secado, secado y horno túnel. La Planta Ladrillera Terraforte tiene un rendimiento en la producción del 72%, el consumo energético de los equipos es de 3.442 Kw-h/día y la relación aire —combustible real del horno es de 6,2.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1 PROCESO PRODUCCIÓN: Como proceso de producción se denomina el sistema dinámico constituido por un conjunto de procedimientos técnicos de modificación o transformación de materias primas, sean estas de origen animal, vegetal o mineral, y que puede valerse tanto de mano de obra humana, como de maquinaria o tecnología para la obtención de bienes y servicios.

En este sentido, el proceso productivo se desarrolla por etapas sucesivas que constan de una serie de operaciones interrelacionadas que deben desembocar en la consecución de un producto final cuyo valor, como resultado, se ha incrementado y está apto para su venta y consumo. Actividades que van desde la extracción de las materias primas hasta la puesta en venta del producto, puede decirse que forman parte del proceso de producción. (Heizer et al, 2009).

2.2.2 PROCESO PRODUCCIÓN ARTESANAL: El modo de producción artesanal, tiene por finalidad la creación de un objeto producido en forma predominantemente manual con o sin ayuda de herramientas y máquinas, generalmente con utilización de materias primas locales y procesos de transformación y elaboración transmitidos de generación en generación, con las variaciones propias que le imprime la creación individual del artesano. Es una expresión representativa de su cultura y factor de identidad de la comunidad”.

En este modo de trabajo la técnica juega un papel fundamental; la cual alude a aquellas actividades relacionadas con el trabajo artesanal y mientras que la tecnología se reserva para aquellas técnicas que hacen uso del conocimiento científico. De este modo se marca un corte temporal en el proceso de evolución de la técnica, diferenciando a las técnicas artesanales de las tecnologías modernas.

Características de la producción artesanal

- Fabricación manual, domiciliaria, para consumo de la familia o la venta de un bien restringido.
- En el mismo lugar se agrupan el usuario, el artesano, el mercader y el transporte.
- El artesano elabora los productos con sus manos en su totalidad, seleccionando personalmente la materia prima, dándole su propio estilo, su personalidad.
- Requiere de una fuerza laboral altamente especializada en el diseño de las operaciones de manufactura, especialmente para el armado final del producto.
- Tienen una organización descentralizada en una misma ciudad. Cada artesano se especializa en un componente del producto.
- El volumen de la producción es generalmente reducido.

La producción artesanal corresponde a etapas históricas anteriores a la división del trabajo (en la que el artesano dominaba todo el trabajo). Actualmente se sigue utilizando esta denominación para referir a aquellos procesos, de hoy en día, en los que no se ha hecho una gran incorporación de tecnología (máquinas, organizaciones, etc.) También se le utiliza para referir a ciertos procesos de producción de alimentos en los que, un mismo productor, maneja todas las etapas de la cadena de producción (desde la obtención de los insumos hasta la distribución de los productos al consumidor).

Históricamente, el pasaje de la producción artesanal a la industrial significó profundos cambios tecnológicos y generó impactos y efectos sobre la vida y el trabajo de las personas.

2.2.3 PRODUCCIÓN DE LADRILLOS DE CONCRETO

Estas unidades constructivas que dan forma a casas, departamentos y oficinas, los ladrillos de concreto pasan por un largo proceso de elaboración, como señala María Teresa Siemund Zevallos, superintendente de la Unidad de negocio de bloques en Unicon, quien explica el paso a paso de la fabricación de este producto.

ACOPIO DE MATERIALES

Como primera etapa del proceso se recolecta cemento, aditivos especiales y agua, entre otros insumos, en grandes cantidades y se transporta, mediante maquinaria especializada, a la unidad que se encargará de unirlos.

MEZCLA DE PRODUCTOS

En esta fase, la materia prima es introducida en una gran máquina mezcladora, que se encargará de conseguir una masa homogénea, densa y fácil de manipular.

MOLDEADO

Esta masa uniforme es llevada a los equipos vibrocompactadores que trabajarán el producto moldeado y le ayudarán a conseguir una mejor resistencia.

CURADO

El producto moldeado pasará a la cámara de curado, máquina con temperaturas reguladas, donde el ladrillo permanecerá por alrededor de 16 horas, para alcanzar su resistencia y durabilidad máxima, con lo que se reducirá el riesgo de fisurarse.

CUBADO

Aquí se seleccionan los mejores ladrillos para que continúen con el resto del proceso. El ladrillo será dispuesto sobre parihuelas de madera apiladas unas encima de otras.

REPOSO

Todas las piezas serán transportadas a un patio de almacenamiento. Los bloques y ladrillos permanecerán en este espacio por 28 días, mientras que los adoquines lo harán por 7 días. Luego, ya estarán listos para ser distribuidos al mercado.

2.2.4 INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Según Rojas Rodríguez (1996), los principales indicadores de producción y productividad a tomar en cuenta en un estudio de métodos son los siguientes:

PRODUCCIÓN

En términos matemáticos, definimos la producción como la cantidad de productos fabricados en un periodo de tiempo determinado, y se representa de la siguiente forma:

$$\text{Producción} = \text{Tiempo Base} / \text{Ciclo}$$

- Tiempo Base (Tb): Puede ser una hora, un día, un año, etc.
- Ciclo o velocidad de producción (c): Representa el cuello de botella de la línea de producción y viene a ser la estación de trabajo que más tiempo se demora. Se le llama también tiempo de ciclo.

PRODUCTIVIDAD

En el proceso productivo es necesario medir el rendimiento de los factores empleados de los que depende la producción. Esta medida de la producción se denomina productividad. Luego, la productividad puede definirse como el cociente entre la producción obtenida en un periodo dado y la cantidad de recursos utilizados para obtenerla. Así:

$$\text{Productividad} = \text{Producción obtenida} / \text{Cantidad de recurso empleado}$$

El recurso empleado puede ser mano de obra, materia prima, insumos, capital.

EFICIENCIA FISICA

Es la relación entre la cantidad de materia prima existente en la producción total obtenida y la cantidad de materia prima o insumos utilizados.

$$\text{Eficiencia física} = \text{Salida útil de M.P} / \text{Entrada de M.P}$$

EFICIENCIA ECONÓMICA

Es la relación entre el ingreso total de ventas y el total de egresos o inversiones requeridas para dicha venta.

$$\text{Eficiencia económica} = \text{Ventas (ingresos)} / \text{Costos (inversiones)}$$

La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad para que se pueda obtener beneficios.

2.2.5 ESTUDIO DE TIEMPOS

Según García (2005), en su libro “Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo” el estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Esta actividad implica establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido de trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables. El analista de estudios de tiempos tiene varias técnicas que se utilizan para establecer un estándar: el estudio cronométrico de tiempos, datos estándares, datos de los movimientos fundamentales, muestreo del trabajo y estimaciones basadas en datos históricos.

El estudio de tiempos es una técnica de medida del trabajo empleada para registrar los tiempos y los ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, realizada en condiciones determinadas, para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar una tarea de acuerdo con una norma de ejecución preestablecida.

El equipo mínimo que se requiere para llevar a cabo un programa de estudio consta de:

- Un cronómetro
- Un tablero para estudio de tiempos
- Impresos para anotaciones

- Calculadora (Caso, 2006)

2.2.6 ESTUDIO DE MÉTODOS DE TRABAJO

Según Meyers (2005), es la combinación específica de distribución y condiciones de trabajo, material y equipos, herramientas y trayectorias y movimientos involucrados en la realización de una determinada operación. Generalmente suele disponerse de varios métodos para una sola operación o trabajo, por lo que siempre debe llevarse a cabo un estudio para determinar el mejor método a usar de acuerdo a un factor determinado.

El procedimiento para mejorar los métodos de trabajo consiste en:

- Seleccionar: el trabajo o procesos que se ha de estudiar. Generalmente la selección depende de un análisis previo que permite identificar los procesos o trabajos que necesitan mejorarse.
- Registrar: o recolectar todos los datos relevantes acerca de la tarea o proceso utilizando las técnicas más adecuadas.
- Examinar los hechos registrados con espíritu crítico, preguntando si se justifica lo que se hace según el propósito de la actividad, el lugar en que se hace y quien la realiza.
- Idear el método más económico, teniendo en cuenta todas las circunstancias y utilizando las diversas técnicas de gestión.
- Evaluar los resultados obtenidos con el nuevo método en comparación con la cantidad de trabajo necesario y establecer un tiempo tipo.
- Definir el nuevo método y el tiempo correspondiente, y presentar dicho método a todas las personas a quienes les concierne.
- Implantar el nuevo método formando a las personas interesadas, capacitándolas de tal modo que ejecuten el nuevo método de trabajo sin ninguna complicación.
- Mantener y controlar la aplicación de la nueva forma siguiendo los resultados obtenidos y comparándolos con los objetivos.

2.2.7 DIAGRAMA BIMANUAL

El diagrama bimanual registra la sucesión de hechos mostrando las manos, y a veces los pies, del operario en movimiento o en reposo y su relación entre sí, por lo general con referencia a una escala de tiempos. El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas y, en este caso se registra un ciclo completo de trabajo, pero con más detalles de lo habitual en los diagramas de otro tipo.

Este diagrama muestra todos los movimientos realizados para la mano izquierda y por la mano derecha, indicando la relación entre ellas.

El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas y en ese caso se registra un solo ciclo completo de trabajo.

Para representar las actividades se emplean los mismos símbolos que se utilizan en los diagramas de proceso pero se les atribuye un sentido ligeramente distinto para que abarquen más detalles.

El símbolo de inspección casi no se emplea, puesto que durante la inspección de un objeto (mientras lo sujeta y mira o lo calibra) los movimientos de la mano vienen a ser operaciones para los efectos del diagrama. Sin embargo, a veces resulta útil emplear el símbolo de inspección para hacer resaltar que se examina algo.

El hecho mismo de componer el diagrama permite al especialista llegar a conocer a fondo los pormenores de trabajo y gracias al diagrama puede estudiar cada elemento de por sí y en relación con los demás. Así tendrá la idea de las posibles mejoras que hacer. El mejor método por lo general, es el que menos movimientos necesita. (Rodríguez, 2002)

2.2.8 DIAGRAMA DE RECORRIDO

Según Niebel (2004), este diagrama presenta, en forma de matriz, datos cuantitativos sobre los movimientos que tienen lugar entre dos estaciones de trabajo cualesquiera. Las unidades son por lo general el peso o la cantidad transportada y la frecuencia de los viajes.

El diagrama de recorrido es una especie de forma tabular del diagrama de cordel. Se usa a menudo para el manejo de materiales y el trabajo de

distribución. El equivalente de este es el diagrama de frecuencia de los recorridos.

Con toda probabilidad pueden encontrarse posibilidades de mejorar una distribución de equipo en planta si se buscan sistemáticamente. Deberán disponerse las estaciones de trabajo y las máquinas de manera que permitan el procesado más eficiente de un producto con el mínimo de manipulación. No se haga cambio alguno en una distribución hasta hacer un estudio detallado de todo los factores que intervienen el analista de métodos debe aprender a reconocer una distribución deficiente y presentar los hechos al ingeniero de fábrica o planta para su consideración. Los programas de computadora pueden proporcionar rápidamente distribuciones que constituyen un buen principio en el desarrollo de la distribución recomendada.

Cuando se hacen nuevas disposiciones o se cambian las ya existentes, el analista debe hacer recomendaciones que no sólo deban ser efectivas sino también reducir las dificultades para hacer cambios futuros. Un ejemplo es mantener los servicios de planta, como el sistema eléctrico y el de ventilación principalmente. Otro es mantener la flexibilidad en relación con el equipo de manejo de material y mantener todas las instalaciones fijas, como elevadores, en áreas que probablemente nunca necesitarán ser cambiadas. Las áreas de almacenamiento deberían ser localizadas en aquellos sectores donde se han contemplado cambios o pueden ocurrir en cierto tiempo, de manera que éstas sean las menos costosas de alterar.

2.2.9 DISTRIBUCIÓN DE PLANTAS PRODUCTIVAS

Según Lluís Cuatrecasas, en su libro "Organización de la producción y dirección de operaciones" (2011), el objetivo del análisis de una distribución es el de economizar espacio y el de reducir el recorrido de los circuitos.

Una deficiente distribución supondrá una fuente constante de pérdidas para la empresa. Por el contrario, una ordenada y eficiente distribución de los elementos que componen una planta de producción (equipamientos, maquinaria, materia prima y recursos humanos) incidirá positivamente en el resultado económico de la empresa con un coste adicional muy pequeño, pues la diferencia principal con respecto a una incorrecta distribución estriba

únicamente en el planteamiento inicial, ya que los elementos a utilizar en ambos casos son los mismos.

Los principales problemas que afectan al problema de la distribución de planta son:

- Movimiento de materiales, que vendrá afectado por las distancias a recorrer, la complejidad de los itinerarios y la posibilidad de ayudarse con la gravedad.
- Movimiento de personal, aspecto en que debe cuidarse tanto de lo referente al personal interno como al externo a la empresa, que deba moverse ocasionalmente por ella.
- Eliminación de despilfarros, en tiempos perdidos de personas y materiales, sea en los procesos productivos u otros.
- Construcción e instalaciones de la planta, facilitados por el diseño de la misma y su distribución.
- Seguridad y condiciones de trabajo: aspectos relacionados con la eliminación de riesgos, ergonomía de la planta y sus puestos de trabajo, iluminación, etc.

III RESULTADOS

3.1 DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1 LA EMPRESA.

La empresa "SERMATCON — EV Ventas, Servicios, materiales para la construcción SRL" se dedica principalmente a la fabricación de ladrillos de concreto y agregados. Actualmente cuenta con una línea de producción que trabaja 6 días a la semana, de lunes a sábado, completando semanalmente 48 horas.

Su principal producto es el ladrillo de concreto Muro N°12, el cual abarca casi la totalidad de su línea de producción ya que es el más solicitado por la empresa ISOMETRIKA y tiene un precio de 1800 nuevos soles el millar en fábrica y 2100 el millar puesto en obra.

- Razón social: SERMATCON — EV Ventas, Servicios, materiales para la construcción S.R.L
- RUC: 20561326607

3.2 DESCRIPCION DEL SISTEMA DE PRODUCCION.

3. 2.1. Producto

a. Descripción del Producto

El único producto que la empresa fabrica en la actualidad es el ladrillo de concreto N°12. La razón principal es la demanda de la constructora, que solicita siempre este tipo de ladrillo ya que presenta dentro de sus características un mayor rendimiento por metro cuadrado, debido a sus medidas y una superficie más áspera, cualidad que permite un mejor empaste en la etapa de enlucidos cuando se construye una pared o muro portante o no portante.

Tabla 04: Características del ladrillo N°12

LADRILLO DE CONCRETO MURO N° 12	
PESO	9.8 Kg
MEDIDAS	12X19X39 cm
RESISTENCIA	140 Kg/cm ²

Fuente: Fábrica de ladrillos SERMATCON SRL

Elaboración propia

3.2.2. Materiales e Insumos

Tabla 05: Materiales e insumos para un lote de 72 unidades

Material	Cantidad por lote (72 und.)	Precio unitario	Precio total	Características
Cemento	2 bolsas de cemento	S/. 19,8 / bolsa	S/. 39,6	Deberá estar libre de grumos o piedras que indiquen que este material ha estado expuesto al agua o a algún tipo de humedad.
Arena gruesa	0,2 metros cúbicos	S/. 45 / m ³	S/. 9	Los agregados deben reunir determinadas características de tamaño (granulometría). No deben emplearse lodos, limos ni arcillas provenientes de tierras agrícolas. No deben contener restos vegetales, papeles sales ni aceites. El tamaño de agregado debe variar entre 3/8 " como máximo y 1.00 mm como mínimo.
Arena fina	0,06 metros cúbicos	S/. 25 / m ³	S/. 1,50	
Confitillo	0,06 metros cúbicos	S/. 50 / m ³	S/. 3	
Agua	0,04 metros cúbicos	S/. 1,025 / m ³	-	El agua de mezcla de los agregados y el cemento debe ser limpia, transparente, libre de sustancias grasas, ácidos y sales. También es empleada en el curado del bloque de concreto.

3.2.3. Proceso de producción

Dentro del proceso de producción se encuentran dos partes claramente diferenciadas, el proceso de mezclado de materia prima y luego la elaboración de ladrillos.

El proceso de mezclado de materia prima consiste en juntar todos los componentes del ladrillo cerca de la mesa vibradora, para luego mezclarlos, primero en una máquina mezcladora (20 minutos) y luego manualmente, por un periodo determinado (varía según las condiciones climáticas pero generalmente es de 10 a 15 minutos) hasta que alcance la consistencia requerida de modo que la mezcla quede lista para ser introducida en los moldes (Imagen 01, 02 y 03).

Imagen 01: Proceso de mezclado



Imagen 02: Proceso de mezclado



Imagen03: Proceso de mezclado



Los tiempos requeridos para cada etapa del proceso se obtuvieron a través de la observación de 11 días, los cuales se muestran en anexos (Anexo 02 – Anexo 11). Los materiales requeridos para la elaboración de ladrillos (lote de 72 unidades) se muestran en la tabla 05.

La elaboración de ladrillos abarca el siguiente proceso:

- a) Llenado del molde: Una vez que los componentes del ladrillo se encuentran adecuadamente mezclados se procede a llenar el molde respectivo de forma manual con la ayuda de una pala (Imagen 04 y 05)

Imagen 04: Proceso de llenado de molde



Imagen 05: Proceso de llenado de molde



b) Proceso de vibrado: Una vez que el molde está lleno, se somete a un proceso de vibrado durante aproximadamente 25 segundos, lo cual permite que el material en el interior del molde se compacte y el ladrillo resultante tenga la resistencia necesaria (Imagen 06 y 07)

Imagen 06: Proceso de vibrado



Imagen 07: Proceso de vibrado



c) Traslado a la zona de secado y desmolde: Una vez que el molde ha sido vibrado el tiempo necesario, es retirado de la mesa vibradora y es llevado al área de secado. En esta área se coloca el molde en el suelo y se ejerce presión sobre el

mismo de modo que el ladrillo ya formado es liberado por debajo del molde. Luego de esto, el operario regresa hasta la mesa vibradora a esperar por el próximo molde lleno para realizar el mismo traslado y desmolde (Imagen 08, 09, 10, 11 y 12)

Imagen 08: Traslado a la zona de desmolde



Imagen 09: Puesta de ladrillo en zona de desmolde



Imagen 10: Colocación de molde sobre el suelo



Imagen 11: Desmolde



Imagen 12: Desmolde



El proceso de vibrado se hace en una mesa vibradora (imagen 13) que tiene capacidad para recibir 02 moldes al mismo tiempo.

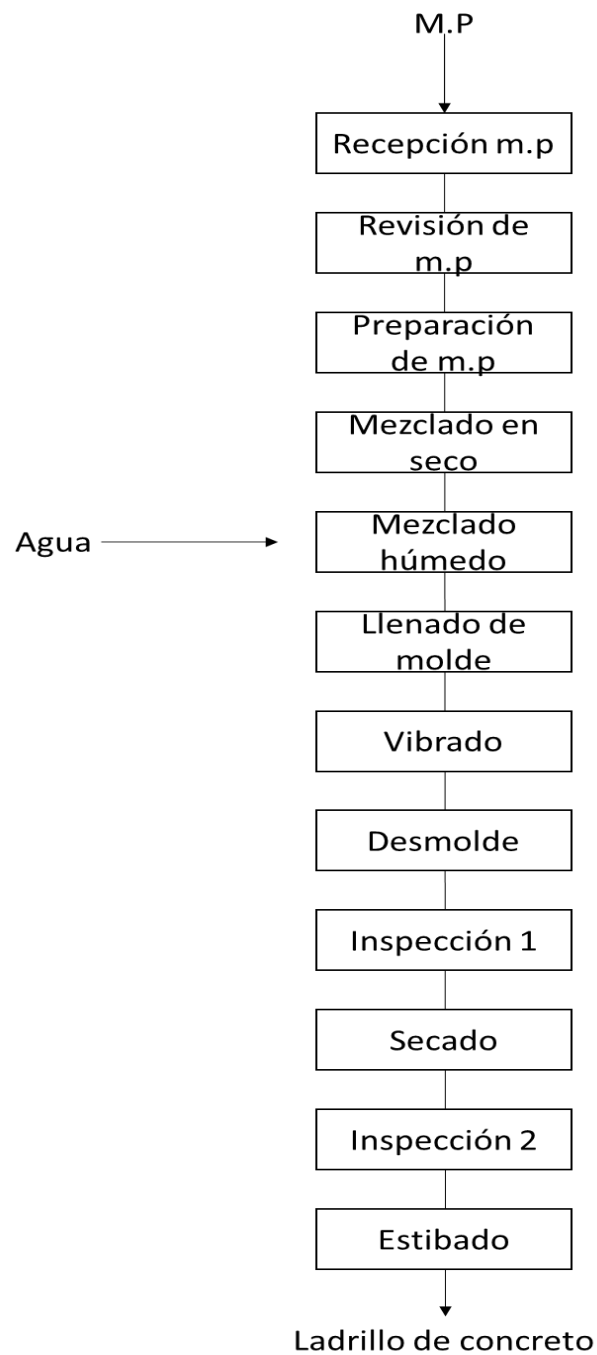
Imagen 13: Mesa Vibradora



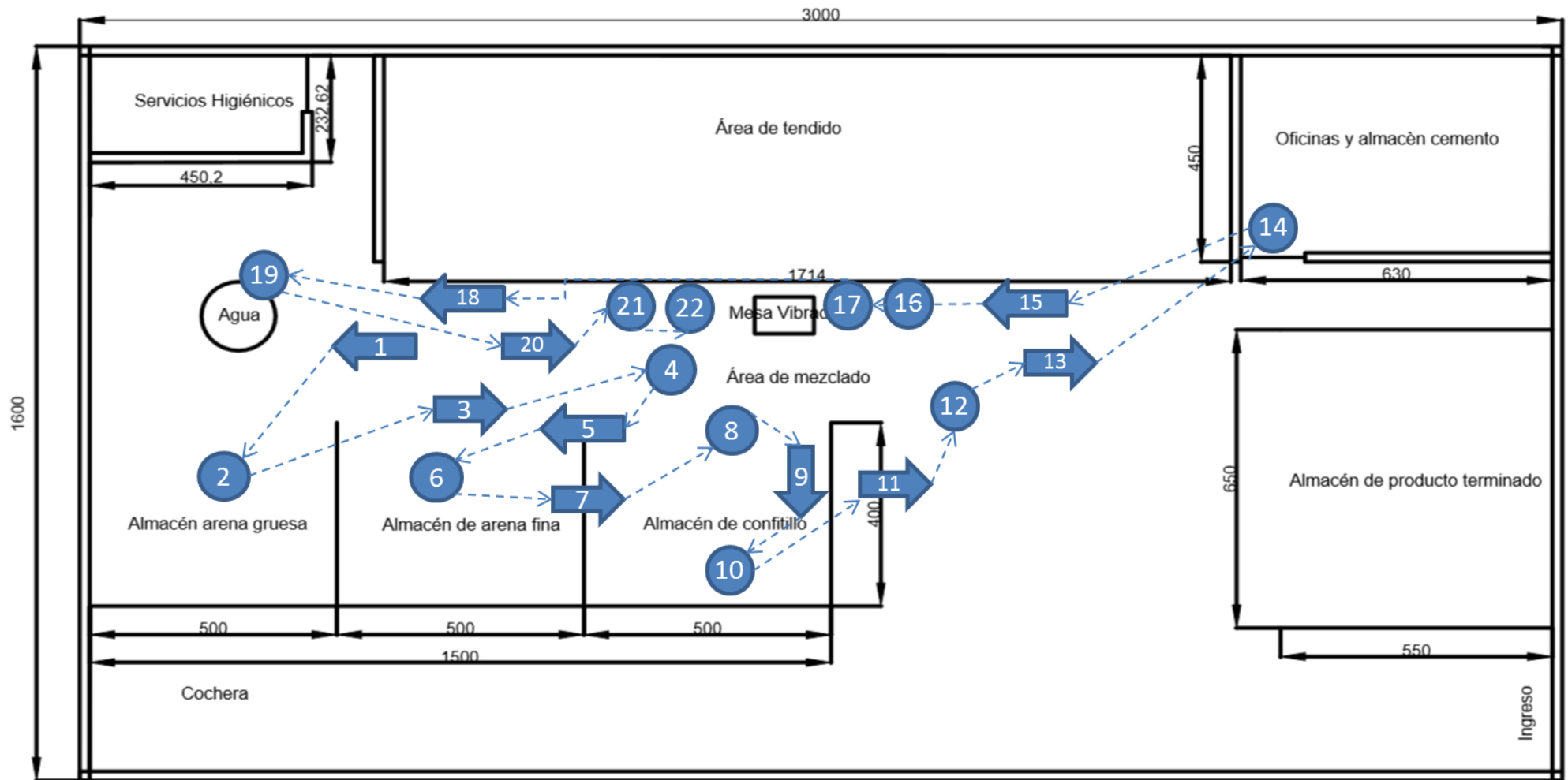
Los operarios que participan del proceso son el operario César Yauce (que adelante será operario 01) y Fernando Castillo (operario 02).

3.2.4. Análisis para el Proceso de Producción

- Diagrama de bloques del proceso de producción

























- Diagrama de recorrido del proceso de mezclado



Los tiempos mostrados en la tabla 06, son resultado de las observaciones realizadas en la empresa dentro del proceso productivo. Dichas observaciones fueron realizadas durante 11 días (ver anexo 02 al 11), ya que si bien es cierto el cálculo del número de observaciones según su tabla correspondiente, nos arrojaba 40, el proceso es afectado por otras variables que pueden sesgar la información (operarios distintos, clima distinto, etc.)

Tabla 06: Actividades del proceso de mezclado

Actividad	Descripción de la actividad	Tiempo (min)	Actividad	Distancia (m)
1	Transporte al área de arena gruesa	0,25		4
2	Carga la arena gruesa a la carretilla	5		
3	Transporta la carretilla de arena al área de mezclado	0,3		9,5
4	Deposita la arena en el área de mezclado	0,5		
5	Transporte al área de arena fina	0,25		4,5
6	Carga la arena fina a la carretilla	4		
7	Transporta la carretilla de arena al área de mezclado	0,25		4,5
8	Deposita la arena en el área de mezclado	0,5		
9	Transporte al área de confitillo	0,2		4
10	Carga el confitillo a la carretilla	5		
11	Transporta la carretilla de confitillo al área de mezclado	0,3		4
12	Desposita el confitillo en el área de mezclado	0,6		
13	Transporte a oficinas para recoger cemento	0,4		8,5
14	Cargar cemento a carretilla	0,5		
15	Transporta el cemento al área de mezclado	1		8,5
16	Deposita el cemento en el área de mezclado	1,2		
17	Mezclado en seco de los materiales	10		
18	Transporte al tanque de agua	0,2		10,2
19	Carga el agua	3		
20	Transporte del agua al área de mezclado	0,2		10,2
21	Desposita el agua sobre la mezcla seca	0,5		
22	Mezclado final de los materiales	10		
Total		44,15		67,9



Actividad	Número	Total (min)
	10	3,35
	12	40,8
Total	22	44,15

Tabla 07: Demanda insatisfecha de ladrillos n°12 (unidades) y dinero dejado de percibir por la empresa

Mes	Demanda	Producción	Demanda Insatisfecha	Dinero perdido (nuevos soles)
Ene-14	11 256	6 024	5 232	9 417,6
Feb-14	8 976	5 129	3 847	6 924,6
Mar-14	8 056	5 284	2 772	4 989,6

Abr-14	9 009	5 283	3 726	6 706,8
May-14	9 723	6 271	3 452	6 213,6
Jun-14	9 829	5 197	4 632	8 337,6
Jul-14	10 589	5 267	5 322	9 579,6
Ago-14	7 390	5 151	2 239	4 030,2
Set-14	9 979	5 256	4 723	8 501,4
Oct-14	7 764	5 858	1 906	3 430,8
Nov-14	6 067	5 981	86	154,8
Dic-14	5 337	2 965	2 372	4 269,6
Ene-15	10 557	5 220	5 337	9 606,6
Feb-15	9 875	5 314	4 561	8 209,8
Mar-15	9 900	5 190	4 710	8 478
Total	134 307	79 390	54 917	98850,6

Elaboración propia.

Como se puede observar, las pérdidas en el periodo analizado por no satisfacer la demanda alcanzan los 98850,6 nuevos soles, una cantidad bastante alta que representa una pérdida de alrededor de 7000 soles mensuales, por lo cual es necesario una mejora en la empresa de modo que esta demanda pueda ser satisfecha y se genere ese ingreso para la fábrica.

A continuación se muestra los registros de unidades reprocesadas del último año brindados por la empresa, de modo que permitan analizar si este problema en el proceso de producción es el que me impide satisfacer la demanda. También se muestran los registros de producción y demanda para hacer un análisis que permita determinar si este problema es la causa principal de la baja producción.

Tabla 08: Tabla de unidades reprocesadas

Mes	Semanas	Producción	Unidades reprocesadas	Horas perdidas	Dinero dejado de percibir (s/.)	Producción factible	PF/mensual
ene-14	Semana 1	977	543	17,5	977,4	1 520	8 284
	Semana 2	1 297	510	16,4	918	1 807	
	Semana 3	1 394	454	14,6	817,2	1 848	
	Semana 4	1 304	360	11,6	648	1 664	
	Semana 5	1 052	393	12,6	707,4	1 445	
feb-14	Semana 6	1 222	396	12,7	712,8	1 618	6 862
	Semana 7	1 319	483	15,5	869,4	1 802	
	Semana 8	1 302	435	14,0	783	1 737	
	Semana 9	1 286	419	13,5	754,2	1 705	
mar-14	Semana 10	1 299	377	12,1	678,6	1 676	7 113
	Semana 11	1 326	383	12,3	689,4	1 709	
	Semana 12	1 340	535	17,2	963	1 875	
	Semana 13	1 319	534	17,2	961,2	1 853	
abr-14	Semana 14	1 329	385	12,4	693	1 714	6 958
	Semana 15	1 371	506	16,3	910,8	1 877	
	Semana 16	1 279	377	12,1	678,6	1 656	
	Semana 17	1 304	407	13,1	732,6	1 711	
may-14	Semana 18	1 035	535	17,2	963	1 570	8 427
	Semana 19	1 440	392	12,6	705,6	1 832	
	Semana 20	1 298	493	15,9	887,4	1 791	
	Semana 21	1 266	357	11,5	642,6	1 623	
	Semana 22	1 232	379	12,2	682,2	1 611	
jun-14	Semana 23	1 344	513	16,5	923,4	1 857	7 244

	Semana 24	1 346	549	17,7	988,2	1 895	
	Semana 25	1 226	546	17,6	982,8	1 772	
	Semana 26	1 281	439	14,1	790,2	1 720	
jul-14	Semana 27	1 327	361	11,6	649,8	1 688	6 820
	Semana 28	1 252	383	12,3	689,4	1 635	
	Semana 29	1 430	417	13,4	750,6	1 847	
	Semana 30	1 258	392	12,6	705,6	1 650	
ago-14	Semana 31	1 345	438	14,1	788,4	1 783	6 765
	Semana 32	1 320	413	13,3	743,4	1 733	
	Semana 33	1 189	357	11,5	642,6	1 546	
	Semana 34	1 297	406	13,0	730,8	1 703	
sep-14	Semana 35	1 456	485	15,6	873	1 941	7 090
	Semana 36	1 265	449	14,4	808,2	1 714	
	Semana 37	1 348	467	15,0	840,6	1 815	
	Semana 38	1 187	433	13,9	779,4	1 620	
oct-14	Semana 39	1 377	405	13,0	729	1 782	7 527
	Semana 40	1 428	414	13,3	745,2	1 842	
	Semana 41	1 556	495	15,9	891	2 051	
	Semana 42	1 497	355	11,4	639	1 852	
nov-14	Semana 43	1 632	369	11,9	664,2	2 001	7 823
	Semana 44	1 433	453	14,6	815,4	1 886	
	Semana 45	1 276	511	16,4	919,8	1 787	
	Semana 46	1 640	509	16,4	916,2	2 149	
dic-14	Semana 47	1 620	433	13,9	779,4	2 053	3 863
	Semana 48	1 345	465	15	837	1 810	
Total		63 666	21 110	680,9	37 998	84 776	

Elaboración propia

En la tabla anterior se puede observar que el dinero que la empresa deja de percibir por el alto número de reprocesamientos durante el 2014 llegó a 38000 nuevos soles aproximadamente, por tanto es considerado el problema principal del bajo nivel de producción de la empresa. A continuación se muestra una comparación entre la producción real, la producción factible (producción real + unidades reprocesadas) y la demanda, para entender de una manera más clara el problema que el reprocesamiento ocasiona.

3.2.5 Indicadores actuales de producción y productividad

Tabla 09: Indicadores de producción y productividad actuales

Indicador	Cantidad	Unidades
Nivel de producción*	27,56	ladrillos/hora
Productividad M.P (cemento)	36	ladrillos/bolsa
Productividad M.P (a. Fina)	360	ladrillos/m ³
Productividad M.P (a. gruesa)	1200	ladrillos/m ³
Productividad M.P (confitillo)	1200	ladrillos/m ³
Productividad de mano de obra	13,78	ladrillos/(op*hora)
Capacidad de planta real	6600	ladrillos/mes
Capacidad de planta utilizada**	5292	ladrillos/mes
Eficiencia económica***	1,01	soles/soles

* El nivel de producción se ha calculado tomando un promedio de los últimos 15 meses de unidades producidas (5292 unidades), y el número promedio de días de producción al mes (24), teniendo en cuenta 8 horas diarias.

** La capacidad utilizada se ha calculado mediante el promedio de los últimos 15 meses de la data de unidades producidas. (ver tabla 1)

*** El cálculo de la eficiencia económica se ha realizado tomando en cuenta el promedio de producción mensual (5292 unidades), multiplicado por el precio unitario del ladrillo (1.8 nuevos soles/unidad) y dividiendo entre el costo total mensual en el que incurre la empresa (ver tabla 28).

Pronóstico de la demanda

Para tener un panorama claro acerca de la situación de la demanda en los próximos meses, realizamos un pronóstico de la misma para los próximos 15 meses utilizando

el método de suavización exponencial, ya que el pronóstico basado en este modelo es óptimo para patrones de demanda con tendencia inestable y picos de demanda (creciente y decreciente). Para realizar el pronóstico se tomó el valor de alfa como 0.125 ya que según Hanke (2006) este valor de suavización en casos en que se desee un resultado promedio debe hallarse por la siguiente fórmula:

$$\alpha = 2/(n+1)$$

$$\alpha = 2/(15+1)$$

$$\alpha = 0,125$$

Donde “n” es el número de períodos. En este caso es igual a 15.

Además se calcula el dinero que se dejaría de percibir en ese periodo de mantenerse con el sistema de producción actual.

Tabla 10: Pronóstico de la demanda en unidades para los próximos 15 meses y dinero perdido asociado a esta demanda

Mes	Pronóstico	Producción promedio	Demanda Insatisfecha	Dinero perdido (nuevos soles)
1	9 179	5 293	3 886	6 995,2
2	9 269	5 293	3 976	7 157,4
3	9 348	5 293	4 055	7 299,3
4	9 417	5 293	4 124	7 423,4
5	9 478	5 293	4 185	7 532,1
6	9 530	5 293	4 237	7 627,1
7	9 577	5 293	4 284	7 710,3
8	9 617	5 293	4 324	7 783,1
9	9 652	5 293	4 359	7 846,8
10	9 683	5 293	4 390	7 902,5
11	9 710	5 293	4 417	7 951,2
12	9 734	5 293	4 441	7 993,9
13	9 755	5 293	4 462	8 031,2
14	8 535	5 293	3 242	5 836,4
15	7 469	5 293	2 176	3 915,9
Total	139 954	79 395	60 559	109 006,6

Elaboración propia.

La proyección realizada nos arroja que, de seguir con el método actual de trabajo y los indicadores actuales de producción, el dinero que la empresa dejaría de percibir en los próximos 15 meses alcanzaría los 131 715 nuevos soles y debido a que la demanda es creciente, esta cantidad irá aumentando mes a mes, lo cual representa un gran problema para SERMATCON SRL.

3.3. IDENTIFICACION DE PROBLEMAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION Y SUS CAUSAS

3.3.1. Problemas y causas en el Sistema de Producción

Analizaremos el problema principal de la baja producción de ladrillos mediante la identificación de los sub problemas que llevan a este y las causas respectivas de cada uno de ellos mediante diagramas de Ishikawa.

Problema 01: Alto número de unidades reprocesadas

Uno de los principales problemas dentro del proceso de producción es el reprocesamiento de las unidades fabricadas, es decir una vez que el ladrillo está listo para desmoldarse, el operario baja el molde, lo gira, lo coloca sobre el suelo y empieza a accionar las palancas del molde para que el ladrillo salga de éste y quede en el suelo. Cuando esta actividad se realiza de manera incorrecta, el ladrillo puede desmoronarse o salir resquebrajado, por tanto, el material se recoge y es llevado al área de mezclado para que sea reprocesado.

Esto, si bien no genera pérdida de materiales, lo que si provoca son tiempos improductivos que podrían ser utilizados para fabricar unidades correctamente.

Para analizar las causas de estos reprocesos se decidió realizar observaciones que permitan determinar cuáles son los principales factores que intervienen para que se generen los reprocesos.

Para esto primero se determinó el número de observaciones necesarias. Dada la importancia de este valor se decidió utilizar dos métodos distintos, el método estadístico y el método tradicional.

Para el método estadístico se requirió una cantidad de observaciones preliminares que arrojen el tiempo de ciclo y que permitan obtener los datos necesarios para el cálculo del número de observaciones. Para esto, se decidieron tomar 10 observaciones previas, cuyos datos se muestran en la tabla siguiente:

Tabla 11: Observaciones preliminares del proceso

Obs.	Valor (min)
#1	1,939
#2	1,961
#3	2,299
#4	1,959
#5	1,944
#6	1,868
#7	1,984
#8	2,457
#9	2,043
#10	1,953

Una vez realizadas estas observaciones preliminares, se calcularon las variables necesarias para hallar el número de observaciones requeridas.

Para aplicar el método estadístico es necesario utilizar la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{40 \sqrt{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Dónde:

n = número de observaciones

n' = número de observaciones preliminares

$\sum x^2$ = sumatoria del cuadrado de los datos

$\sum x$ = sumatoria de los datos

40 = es el coeficiente utilizado para un intervalo de confianza de 95,4%

Una vez aplicada la fórmula el dato obtenido fue 12,04 observaciones, por lo cual consideramos que 13 observaciones era el número ideal. Sin embargo, utilizamos también el cálculo de observaciones mediante el método tradicional.

El método tradicional también requiere una base de datos de una observación previa, por tanto se utilizó la misma base de datos, puesto que este método también sugiere que si el tiempo de ciclo es menor a dos minutos, las observaciones preliminares deben ser 10, en caso de ser mayor a 5, el número de observaciones preliminares debe ser 5.

Una vez obtenidos los datos, es necesario encontrar dos valores. El primero es el rango, que es la diferencia entre el dato mayor y el menor.

Según la data:

$$R = 2,457 - 1,868$$

$$R = 0,589$$

Además es necesario calcular el promedio de los mismos datos:

$$\text{Promedio} = \sum \text{datos} / \text{número de datos}$$

$$\text{Promedio} = 2,040$$

Una vez calculados ambos datos es necesario encontrar el cociente entre el rango y la media, que para este caso resultó ser 0,288.

Con este dato se utiliza la tabla mostrada a continuación para encontrar el número de observaciones ideales.

Tabla 12: Tabla para el cálculo del número de observaciones

TABLA PARA CALCULO DEL NUMERO DE OBSERVACIONES					
R/X	5	10	R/X	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1		0.50	74	42
0.02	1		0.52	80	46
0.03	1		0.54	86	49
0.04	1		0.56	93	53
0.05	1		0.58	100	57
0.06	1		0.60	107	61
0.07	1		0.62	114	65
0.08	1		0.64	121	69
0.09	1		0.66	129	74
0.10	3		0.68	137	78
0.12	4		0.70	145	83
0.14	6		0.72	153	88
0.16	8		0.74	162	93
0.18	10		0.76	171	98
0.20	12		0.78	180	103
0.22	14		0.80	190	108
0.24	13		0.82	199	113
0.26	20		0.84	209	119
0.28		13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Como se puede observar, el número ideal de observaciones por ambos métodos arroja el mismo resultado, el número de observaciones debe ser igual a 13.

Sin embargo debido a la precisión requerida y a la diversidad de condiciones dentro del sistema productivo se consideró observar el proceso completo de un día durante 10 días distintos (ver Anexo de observaciones).

A continuación se presenta un resumen de las causas observadas que ocasionan reprocesamientos durante los 10 días mencionados.

Tabla 13: Resumen de causas observadas (número de veces)

Causas	Operario desmolda mal	Mezcla seca	Falla molde	Terreno irregular
28-abr	6	8	5	1
29-abr	7	7	5	2
30-abr	8	6	9	0
05-may	12	6	6	0
06-may	10	7	3	1
07-may	10	8	8	0
08-may	5	8	9	0
13-may	5	7	7	0
14-may	7	9	7	0
15-may	5	9	5	0
Total	75	75	64	4

Las causas de los reprocesamientos que se pudieron observar fueron siempre 4 y se detallan a continuación:

a) Operario desmolda mal: Esta causa de reproceso se ocasiona cuando el operario realiza el desmolde de manera incorrecta, debido a que no se tiene un método estandarizado de trabajo. Generalmente se produce el resquebrajamiento del ladrillo y esto genera un reproceso, de no reprocesarse y secarse el ladrillo queda cuarteado (ver imagen 05) y es inservible.

b) Mezcla seca: Esta causa generalmente se debe a la composición de la mezcla que es empírica y que probablemente no tenga la cantidad de agua suficiente. Se propone revisar la norma técnica de la composición para verificar si el volumen de agua utilizado es el correcto.

Imagen 14: Ladrillo elaborado con mezcla seca



Imagen 15: Ladrillo elaborado con mezcla seca



c) Falla molde: Debido a que los moldes son artesanales, durante la operación de desmolde, estos fallan debido a la mala calidad del material y a la imprecisión de su diseño que ocasiona que el material no se compacte de manera adecuada y que tampoco pueda tener un desmolde perfecto.

d) Terreno irregular: El área de tendido de ladrillos no cuenta con una superficie uniforme lo cual ocasiona en algunos casos que los ladrillos se ladeen y se rajen.

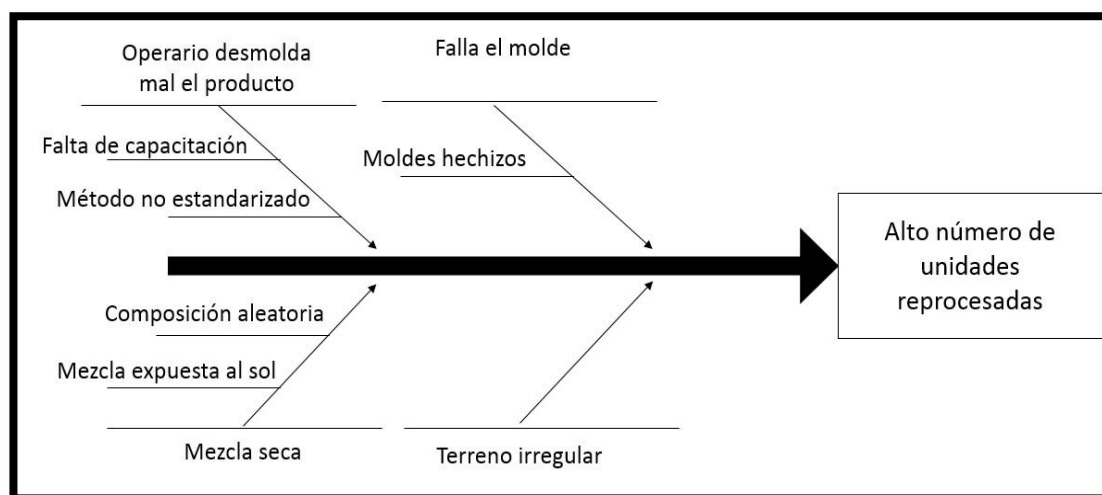
Imagen 16: Pedazo de ladrillo mal elaborado



Tabla 14: Porcentaje de causas de reprocesos en el periodo observado

Causa	Veces	%
Operario desmolda mal	75	34,40%
Mezcla seca	75	34,40%
Falla molde	64	29,36%
Terreno irregular	4	1,83%
Total	218	

Las causas de este problema se identifican en el siguiente diagrama causa – efecto:



Según la información obtenida mediante la observación constante del proceso de producción podemos determinar que las tres principales causas del problema de reprocesamientos son la mezcla seca, la mala ejecución de la operación de desmolde y la falla del molde.

Respecto a la mala ejecución de la operación de desmolde, las observaciones realizadas (Ver Anexos) nos permiten identificar que el operario 01 tiene el doble de promedio de fallos por día (ver Tabla 15).

Tabla 15: Promedio de fallos por operario









Operario	Promedio fallos en desmolde por día
Operario 01	24,4
Operario 02	42,4





Por lo tanto se hizo un análisis de cada operario por separado (ver tabla 16) y un estudio más detallado de sus movimientos, ya que según Cruelles (2014), se debe analizar tareas donde se realicen operaciones cuya duración es muy breve y se repite multitud de veces, para determinar donde es posible dónde es posible ahorrar movimientos y esfuerzos, obteniendo como resultado el siguiente cuadro y los siguientes diagramas bimanuales:

Tabla 16: Análisis comparativo de operarios






Operarios	Nombre	Tiempo trabajando	Formación técnica	Capacitaciones	Experiencia en rubro
Operario 01	Op 01	3 años	Técnico construcción	ninguna	4 años
Operario 02	Op 02	1 año	ninguna	ninguna	1,5 años





- Diagrama bimanual del operario 01

CÉSAR YAUCE	Mano izquierda									Mano derecha	
	Coloca el molde en el suelo										Coloca el molde en el suelo
	Busca el martillo										-
	Coge el martillo										-
	Pasa el martillo a la mano derecha										Recibe el martillo
	-										Golpea el molde
	-										Suelta el martillo
	Sujeta asa izquierda del molde										Sujeta asa derecha del molde
	Tira asa izquierda hacia arriba										Tira asa derecha hacia arriba
	Desliza molde hacia arriba										Desliza molde hacia arriba

Operario	Operación	M.Derecha	M.Izquierda	Total	Mov 1 mano
César Yauce		3	4	7	4
		0	0	0	
		3	2	5	
		3	3	6	
	Total	9	9	18	

- Diagrama bimanual del operario 02

Fernando Castillo	Mano izquierda									Mano derecha	
	Coloca molde en el suelo										Coloca molde en el suelo
	Acomoda molde										Sostiene molde
	Busca martillo										-
	Coge martillo										-
	Golpea molde										-
	Pasa martillo a mano derecha										Recibe martillo
	-										Golpea molde
	-										Suelta martillo
	Sujeta asa izquierda de molde										Sujeta asa derecha del molde
	Acomoda molde										Sujeta asa derecha del molde
	Tira asa izquierda de hacia arriba										Tira asa derecha hacia arriba
	Acomoda molde										Acomoda molde
	Tira asa izquierda hacia arriba										Tira asa derecha hacia arriba
	Desliza molde hacia arriba										-
	-										Desliza molde hacia arriba

Operario	Operación	M.Derecha	M.Izquierda	Total	Mov 1 mano
Fernando Castillo		5	5	10	7
		0	0	0	
		3	4	7	
		7	6	13	
	Total	15	15	30	

Como se puede observar el operario 01 realiza una mayor cantidad de movimientos innecesarios y que el operario 02 omite, por lo cual podemos afirmar que debe estandarizarse el método de trabajo basado en el operario con menor cantidad de fallos debido a su experiencia en el rubro, pero mejorando algunos puntos que permitirán el desarrollo de la operación de manera correcta.

Debido a que estas tres causas representan la mayor parte del problema, serán las que buscaremos solucionar con las propuestas de mejora.

Problema 02: Tiempo de mezclado muy largo

Como se puede observar en el diagrama de recorrido del proceso de mezclado de la página 27, la cantidad de traslados y actividades que no generan valor al producto representan más del 50% del tiempo total de este proceso (ver tabla 17).

Tabla 17: Resumen de actividades de proceso de mezclado

Actividades	Tiempo	%
Agregan valor	20	45,30%
No agregan valor	24,15	54,70%
Total	44,15	100,00%

Por cada etapa de mezclado se pierden 24,15 minutos en actividades que no agregan valor al producto y dado que se realizan 4 mezclados al día, estamos hablando de poco más de 96 minutos al día que se podrían aprovechar para producir una mayor cantidad de unidades. Si dividimos esa cantidad entre el cuello de botella del proceso (1,2 min/und. en promedio), se obtiene que la empresa podría fabricar 80,5 ladrillos más al día, 483 ladrillos más a la semana.

Problema 03: Capacidad de planta

Actualmente, la empresa cuenta con un área de 480 m², de los cuales 78,02 m² están destinados al área de tendido (ver plano pág. 54)

Las medidas del ladrillo N°12 son 0,39 x 0,19 metros, esto sumado a que al momento de desmoldar el ladrillo y dejarlo en el área de tendido se da un margen de 0,1 metros por lado para evitar tener contacto con otros ladrillos, se tendría que cada ladrillo ocupa un área total de 0,1421 m².

Teniendo en cuenta esta información, se puede calcular que el área de tendido tiene capacidad para 549 ladrillos. Además, el ladrillo que se produce en el día, recién se puede estibar al día siguiente, por tanto esa capacidad es para dos días. La capacidad diaria vendría dada, por tanto, por 549/2, es decir 275 ladrillos diarios, 1 650 ladrillos a la semana y 6 600 al mes.

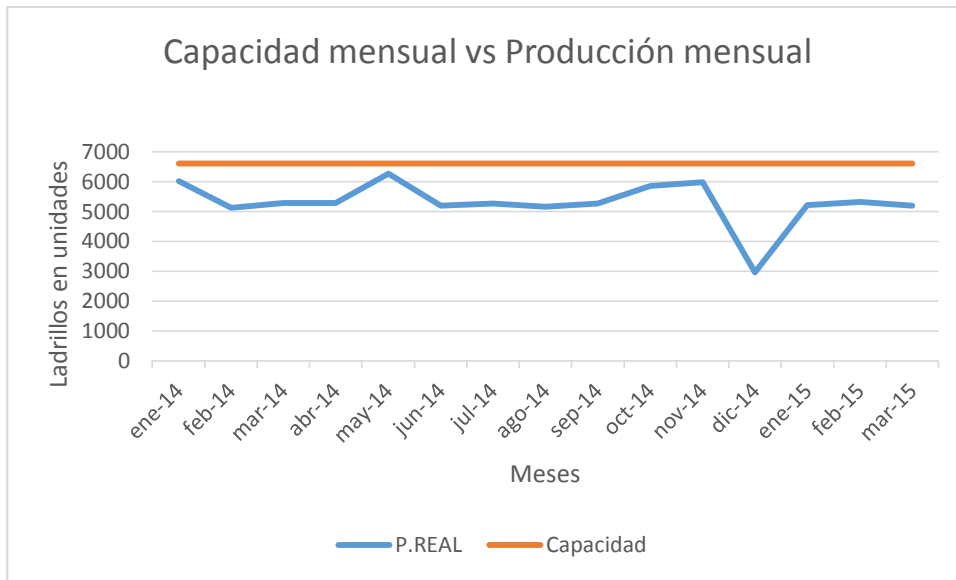
Debido a esta situación es necesario proponer una mejora que permita redistribuir la planta de manera que se amplíe el área de tendido y dé lugar a las otras mejoras planteadas para aumentar el nivel de producción.

En la siguiente tabla se muestra los datos de producción del último año, comparados con la capacidad de la planta actualmente:

Tabla N°18: Producción ladrillos N°12 Ene 2014 – Dic 2014 vs Capacidad de planta (unidades).

MES	P.REAL	Capacidad
ene-14	6 024	6 600
feb-14	5 129	6 600
mar-14	5 284	6 600
abr-14	5 283	6 600
may-14	6 271	6 600
jun-14	5 197	6 600
jul-14	5 267	6 600
ago-14	5 151	6 600
sep-14	5 256	6 600
oct-14	5 858	6 600
nov-14	5 981	6 600
dic-14	2 965	6 600
ene-15	5 220	6 600
feb-15	5 314	6 600
mar-15	5 190	6 600

Gráfico 03: Capacidad de planta vs Producción (Enero 2014 – Mar 2015)



3.4 DESARROLLO DE PROPUESTA DE MEJORAS EN EL SISTEMA DE PRODUCCION

3.4.1 Desarrollo de Mejoras para el problema 01: Alto número de unidades reprocesadas

3.4.1.1 Proponer un método de trabajo estándar para la operación de desmolde

Debido a que ambos trabajadores no utilizan los mismos movimientos, se propone un diagrama bimanual como formato de referencia para que ellos lo sigan y realicen su trabajo de acuerdo a éste. Dicho diagrama está basado en el estudio de movimientos del operario 01, que tiene más experiencia en el rubro y cuyo promedio de fallas por día es la mitad del promedio de fallas del operario operario 02.

La propuesta se basa en el diagrama bimanual del operario 01 no sólo por la experiencia de este, sino también por la cercanía de ambos trabajadores, lo que nos permitirá implantar el método de trabajo con menos resistencia por parte del segundo operario que la que tuviéramos si se coloca un nuevo método de trabajo con criterios externos.

Diagrama bimanual propuesto

Método Estándar	Mano Izquierda	○	➡	▲	◐	○	➡	▲	◐	Mano derecha
	Coloca molde en el suelo	■				■				Coloca molde en el suelo
	Coge martillo	■							■	-
	Golpea molde con martillo	■						■		Sostiene molde
	Sujeta asa izquierda del molde			■		■				Sujeta asa derecha del molde
	Tira asa izquierda hacia arriba	■				■				Tira asa derecha hacia arriba
	Desliza molde hacia arriba	■				■				Desliza molde hacia arriba

Para la ejecución de este nuevo diagrama será necesaria el acondicionamiento de la ropa de trabajo del operario para que pueda portar el martillo en un ojal y esto permita realizar la actividad en menos tiempo y con mayor precisión. La ropa de trabajo recomendada es un overol sin mangas (Ver imagen 06), ya que permite tener los ojales al nivel de la cintura y además la ausencia de mangas permite una mayor facilidad de movimiento en las extremidades superiores.

Imagen 06: Ropa de trabajo de operarios propuesta



Imagen 07: Guantes de protección para operarios



Imagen 08: Botas de trabajo para operarios



DESCRIPCIÓN	Bota inyectada en PVC 100% impermeable.
COLOR	Caña Negra - Suela Crepé.
NUMERACIÓN	37-44
CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO	<ul style="list-style-type: none"> ● Estrías Superiores que facilitan el calce ahorrando tiempo y esfuerzo, estrías inferiores para el descalce. ● Se ofrecen dos opciones de corte para seleccionar la altura, caña alta y caña baja. ● Refuerzo en punta, talón y tobillos para protección del pie. ● Punto de flexión en la parte posterior para mayor confort. ● Suela autolimpiante y antideslizante con diseño ergonómico y con protección anti-impacto en el talón. ● Media que permite gozar de gran frescura, suavidad higiene y limpieza, evitando la sudoración. ● Plantilla acolchada.
USOS	Construcción, agrícolas, ganaderas, floricultura, minería.
OPCIONAL	PUNTERA Y PLANTILLA ACERADA: Norma ICONTEC 2275 Tipo 1, EN 12568.

Además se ha eliminado el golpeo con ambas manos, por lo tanto éste solo debe realizarse con la mano izquierda y alrededor de todo el molde.

Como resultado de este nuevo diagrama se elaboró un nuevo procedimiento de trabajo, de modo que los trabajadores puedan guiarse de este más fácilmente y pueda ser implementado de manera más práctica.

Procedimiento de trabajo para la empresa SERMATCON S.R.L.

Operación: Desmolde

Fecha de elaboración de procedimiento: 28 de Septiembre del 2015

Alcance: Operarios de producción

Responsable: Supervisor de producción

Equipo necesario: Martillo pequeño, overol de trabajo, molde de acero

Procedimiento:

1. El operario debe colocar el molde en el suelo de manera uniforme, sin ladear el mismo y verificando que la superficie no presente anomalías.
2. El operario coge el martillo de su overol con la mano izquierda.
3. El operario golpea el molde con la mano izquierda mientras la mano derecha sostiene el molde para evitar que éste se deslice sobre la superficie del suelo.
4. El operario devuelve el martillo a su ojal.
5. El operario sujeta las asas del molde al mismo tiempo con cada una de sus manos verificando que el molde se encuentre bien afirmado sobre el suelo y no sobre algún desnivel.
6. El operario tira ambas asas al mismo tiempo hacia arriba de manera lenta pero firme, sin dejar que un lado del molde suba antes que el otro.
7. Desliza el molde hacia arriba de manera uniforme y solo suelta el mismo cuando todo el cuerpo del ladrillo ha dejado la cavidad del molde.
8. Verifica la conformidad del ladrillo y regresa al área de mezclado.

Observaciones: En caso de que, aun realizando el procedimiento de manera correcta, el ladrillo desmoldado no cumpliera los requisitos, este será regresado a la mezcla para ser reprocesado.

Con este diagrama rediseñado y el nuevo procedimiento de trabajo debe solucionarse el problema de reprocesos por operario, lo cual representaba el 34% del total del problema.

Teniendo en cuenta el promedio de reprocesos al día (75), 25 de estos deberían estar solucionados con el método estandarizado de trabajo. Lo cual permitiría una producción de 150 ladrillos n°12 más a la semana.

3.4.1.2 Propuesta de mejora para evitar fallos en la mezcla

La composición de la mezcla que utiliza la empresa SERMATCON S.R.L. para la fabricación de los bloques de concreto, es una composición empírica basada en la experiencia de los trabajadores y el dueño de la fábrica, sin embargo el organismo de Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción (SENCICO), refiere en su manual de “Fabricación de bloques de concreto” una composición distinta, que permitiría a la empresa reducir sus reprocesamientos por fallo de la mezcla.

Tabla 19: Composición de la mezcla

Material	Composición actual	Composición normada
Cemento	0,06 m ³	0,06 m ³
Arena gruesa	0,2 m ³	0,12 m ³
Arena fina	0,06 m ³	0,3 m ³
Confitillo	0,06 m ³	0,12 m ³
Agua	0,04 m ³	0,048

Como se puede observar en la tabla 14, los fallos en la mezcla se deben a que no se sigue las recomendaciones del manual de “Fabricación de bloques de concreto”. La causa mezcla seca tiene su origen en este desfase, debido a que la mezcla actualmente utiliza 8 litros de agua menos que lo recomendado, y esto hace que la mezcla se seque constantemente y no permita una trabajabilidad adecuada.

La propuesta de mejora involucra regirse a la recomendación de SENCICO, para evitar los fallos en la mezcla y de esta forma solucionar el problema de reprocesamientos que no nos permite cumplir con la demanda del mercado.

También se realizará un seguimiento para que se cumplan los estándares dados por la normativa, de modo que la empresa se asegure de la correcta composición de su mezcla

y de esta forma, un proceso eficiente respecto a tiempo y un aumento del nivel de producción. Este seguimiento debe ser realizado por el supervisor cada vez que se esté preparando la mezcla.

La hoja de seguimiento se muestra en el anexo n°01.

También se necesita adquirir un recipiente que me permita medir los volúmenes de manera precisa para evitar errores en la composición de la mezcla, ya que actualmente no siempre la mezcla lleva la cantidad de material que debería, incluso bajo la composición empírica que se maneja actualmente.

Con esta nueva composición, debe solucionarse el problema de reprocesos por mezcla seca, lo cual representaba el 34% del total del problema.

Teniendo en cuenta el promedio de reprocesos al día (75), 25 de estos deberían estar solucionados con el método estandarizado de trabajo. Lo cual permitiría una producción de 150 ladrillos n°12 más a la semana.

3.4.1.3 Propuesta de mejora para el cambio de moldes artesanales por moldes originales.


En la actualidad, la empresa cuenta con dos moldes de ladrillo n°12, sin embargo ambos fueron fabricados con fierro colado, material no apto para este tipo de moldes debido a que con el uso que ha tenido a lo largo de este tiempo, hoy se encuentra oxidado, y esta capa de óxido hace áspera la superficie del molde, permitiendo que la mezcla se adhiera a las paredes del mismo y ocasione fallos en el momento del desmolde. Además el material no está reforzado y debido al constante uso se encuentra deformado ya que las paredes del molde son bastante delgadas (1,5mm), ocasionando que la operación de desmolde se complique.

Esta causa genera el 29% de los reprocesos y necesita ser atendida con urgencia.

La propuesta de mejora incluye la adquisición de nuevos moldes de ladrillo n°12, de material acero inoxidable y de paredes con un grosor superior al actual (al menos 2 mm), de modo que su funcionamiento no se altere con el transcurrir del tiempo y permita solucionar el problema de reprocesos por falla del molde.

Si se adquieren los moldes, la cantidad de fallos disminuiría y en el mejor de los casos podríamos lograr una producción de 120 ladrillos al día.

Tabla 20: Ficha técnica del molde a adquirir

Tipo de molde	Para ladrillo de concreto (A5 - A6)
Tipo de ladrillo	N°12 Portante - No portante
	Hueco pasate
Dimensiones	13x20x40
Espesor paredes laterales	2-2.5 mm.
Diseños	No
Material	Acero inoxidable
Descripción gráfica	

Fuente: SENCICO

3.4.2 Desarrollo de Mejoras para el problema 02: Tiempo de mezclado muy alto

Como se puede observar en la tabla 07 y en el diagrama de recorrido del proceso de mezclado, éste posee recorridos innecesarios y la gran mayoría de actividades no le proporcionan valor al producto.

Por tanto se realizó una nueva distribución de planta que permita que el flujo de producción sea más simple y con menos recorridos y retrocesos, de modo que se simplifica el número de actividades y por ende se reducen los tiempos. Este tiempo que se ahorra puede ser aprovechado para la producción de una mayor cantidad de unidades de ladrillo de concreto n°12.

Para que esta solución pueda implementarse es necesario la realización de los siguientes puntos:

- Construcción de un depósito de cemento

Es necesario que se construya un depósito exclusivo para almacenar cemento. Las medidas recomendadas son de 4 metros de largo por 5 de ancho. La ubicación debe ser la que se indica en el gráfico, de modo que permita realizar un flujo de producción lineal y ayude a ahorrar tiempos en traslados innecesarios.

- Utilización de moto carguera en vez de carretilla

Para poder mantener el flujo lineal propuesto en el gráfico siguiente, es necesario tener una capacidad de carga superior a la de la carretilla, y suficiente para almacenar todos los componentes de la mezcla para la fabricación de un lote de ladrillos de concreto, por tanto se recomienda utilizar una moto carguera que pueda empezar recogiendo el material en el almacén de arena gruesa y recorra todo el flujo indicado en el gráfico hasta el área de mezclado.

Tabla 21: Ficha técnica moto carguera WX200ZH-2

FICHA TÉCNICA	
Motor	200cc. /4T/OHV
Potencia	14.50 HP / 7500 RPM
Encendido	ELÉCTRICO Y PEDAL
Freno	TAMBOR DELANTERO Y POSTERIOR
Velocidades	5 VELOCIDADES + RETROCESO
Llantas del. y post.	4.50-12/4.50-12
Capacidad de carga	500 KG
Capacidad de combustible	14.5 L
Tolva	RECLINABLE / 2.00 m X 1.22 m
Transmisión	POSTERIOR CON CORONA Y CARDAN
Suspensión Delantera	BARRAS TELESCÓPICAS CON RESORTES
Suspensión Posterior	MUELLES, RESORTE Y BRAZOS OSCILANTES

Fuente: Motos Wanxin Perú.

Imagen 13: Moto carguera WX200ZH-2



Fuente: Motos Wanxin Perú.

- Nueva disposición de las áreas

Para que la distribución sea más eficiente distribuiremos las áreas para que el flujo de proceso sea lineal y permita disminuir traslados y por tanto tiempos improductivos que no le permiten a la empresa aumentar su nivel de producción.

Según Palacios (2014), existen algunos principios de distribución de planta que se utilizan para la mejor ubicación de las áreas. Para este caso tomaremos dos de ellos.

Primero, el principio de la mínima distancia recorrida, que menciona que es siempre la mejor distribución aquella que permite que la distancia a recorren entre operaciones sea la mínima; y segundo el principio de la circulación o el flujo de materiales, que sugiere que en igualdad de condiciones es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman o montan los materiales. Es por ello que la distribución escogida se ha realizado como se puede observar en el diagrama 02.

Diagrama 02: Diagrama de recorrido propuesto

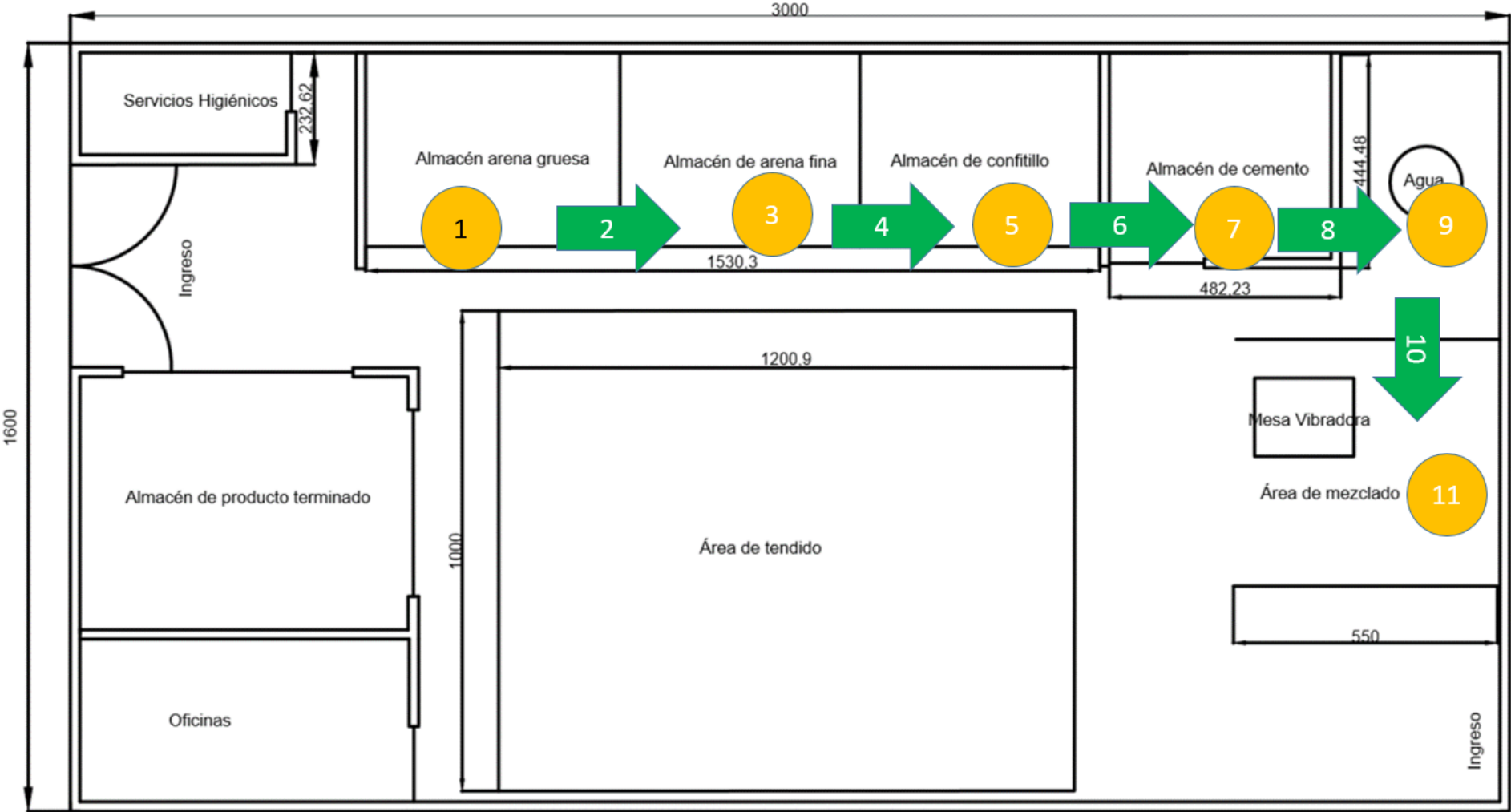


Tabla 22: Actividades en el proceso de mezclado según la mejora propuesta

Número actividad	Descripción de la actividad	Tiempo (min)	Actividad	Distancia (m)
1	Cargar arena gruesa	5	●	
2	Transporte al área de arena fina	0,25	➔	5
3	Cargar arena fina	4	●	
4	Transporte al área de confitillo	0,25	➔	5
5	Cargar confitillo	5	●	
6	Transporte al depósito de cemento	0,25	➔	5
7	Cargar cemento	2	●	
8	Transporte al depósito de agua	0,25	➔	5
9	Cargar agua	3	●	
10	Transporte al área de mezclado	0,25	➔	5
11	Mezclado de materiales	10	●	
Total		30,25		25

Operación	Número	Tiempo (min)	Distancia (m)
●	6	29	-
➔	5	1.25	25
Total	11	30.25	25

Realizando la propuesta de mejora, el tiempo de mezclado pasaría de 44,15 minutos a 30,25 lo cual significa un una reducción del 31,48%. Debido a que el mezclado es realizado en promedio, 4 veces al día estaríamos hablando de un ahorro de 55,6 minutos al día.

Llevando este dato a la producción semanal, si el tiempo ahorrado se invierte para la fabricación de los bloques de concreto, estaríamos hablando de un aumento del nivel de producción de 35 unidades diarias y 210 unidades más a la semana, lo cual representa un incremento de 17,5% semanal.

Cabe mencionar que esta mejora nos permite también ampliar el área de tendido de la empresa de 78.02 metros cuadrados a 120. Este dato es muy importante debido a que las mejoras no tendrían sentido si no hay capacidad para asimilarlas, es por esto que calcularemos cual es la nueva capacidad de la planta con la distribución mejorada (para ver nueva distribución ir a la pág. 69).

Cada ladrillo ocupa 0.1421 m² de terreno en el tendido, anteriormente con los 78.02 m² disponibles solo había capacidad para 6600 ladrillos mensualmente.

Con la mejora propuesta para incrementar el área de tendido a 120 m², la capacidad de la planta aumenta a 422 ladrillos por día, 2532 ladrillos a la semana y por tanto 10 133 ladrillos al mes.

La capacidad de planta entonces se ve mejorada y pasa de 6 600 a 10 133 ladrillos al mes, lo cual representa un incremento de 53,53%.

Para tener un panorama más claro acerca de las mejoras realizadas en cuanto a los reprocesos, se implantó el método de trabajo sugerido para los operarios durante un periodo de dos días de prueba y se adquirió de manera temporal los moldes sugeridos en el presente documento, además se uniformizó la mezcla según la normativa; todo esto con la finalidad de evaluar en que porcentaje solucionan estas mejoras el problema de reprocesos dentro de la empresa.

El número de observaciones realizadas para determinar con exactitud la mejora y lograr datos representativos, fue de 15, dado que este fue el número de observaciones que se determinó anteriormente en el diagnóstico (página 38), para este proceso con un intervalo de confianza del 95.4%

Tabla 23: Observaciones realizadas con el nuevo método de trabajo y materiales

Reprocesos	Hora	Causa	Día
#1	10:07	Falla molde	30-Oct
#2	10:23	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	
#3	10:51	Falla molde	
#4	11:16	Ladrillo rajado por mezcla seca	
#5	12:21	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	
#6	9:02	Falla molde	2-Nov
#7	9:54	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	
#8	10:43	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	
#9	11:15	Ladrillo rajado por mezcla seca	
#10	2:06	Ladrillo rajado por mezcla seca	
#11	2:55	Falla molde	
#12	3:15	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	
#13	4:21	Falla molde	
#14	5:11	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	
#15	5:39	Operario desmolda mal (no siguió procedimiento)	

Periodo de tiempo	615	minutos
Número de reprocesos	15	reprocesos
Reprocesos por minuto	0.02439024	reprocesos minuto
Estimación de reprocesos por día	11.7073171	reprocesos día
Estimación de reprocesos por semana	70.2439024	reprocesos semana

Con los datos de la tabla mostrada anteriormente, podemos establecer una comparación entre el número de reprocesos que se generaban anteriormente y el número de reprocesos que se generan con el método de trabajo propuesto y los materiales correctos.

Primer periodo de observaciones (10 días)		
Causa		%
Causa 1	Operario desmolda mal	34,40%
Causa 2	Mezcla seca	34,40%
Causa 3	Falla molde	29,36%
Causa 4	Terreno irregular	1,83%

Como podemos observar, durante el primer periodo de observaciones, las 3 principales causas de los reprocesos eran acerca del operario (34,4%), acerca de la sequedad de la mezcla (34,4%) y acerca de las fallas del molde (29.36%).

Antes de la mejora	
Promedio unidades reprocesadas semanalmente	389
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 1	133,8
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 2	133,8
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 3	114,2
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 4	7,1

Antes de la mejora, dichas causas ocasionaban en promedio 389 reprocesos semanales, por tanto se evaluó y comparó con los indicadores actuales para evidenciar las mejoras y saber en qué porcentaje se han solucionado dichos problemas.

Segundo periodo de observaciones (2 días)		
Causa		%
Causa 1	Operario desmolda mal	46,67%
Causa 2	Mezcla seca	33,33%
Causa 3	Falla molde	20,00%
Causa 4	Terreno irregular	0,00%

Como podemos ver, la participación de las causas ha variado y ahora estimaremos cuantos reprocesos se generan por cada una de ellas y en cuanto han mejorado con las soluciones propuestas.

Después de la mejora		
Promedio unidades reprocesadas semanalmente	71	% de mejora
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 1	33,1	75,24%
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 2	23,7	82,31%
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 3	14,2	87,57%
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 4	0,0	100,00%

Tal como se observa en la tabla anterior, el método de trabajo estandarizado soluciona el problema de los reprocesos por mano de obra en un 75,24%; el problema de la sequedad de la mezcla, una vez estandarizada la misma y ajustada a la normativa, se reduce en un 82,31% y los moldes nuevos solucionan el problema de las fallas que tenían los anteriores en un 87,6%.

Sim embargo, para evaluar cómo se dará la mejora en el tiempo utilizaremos el principio de curva de aprendizaje, dado que este modelo me permitirá estimar el número de reprocesos que se obtendrían a futuro calculando cual ha sido la curva de aprendizaje obtenida hasta ahora y asumiendo que dicha curva se mantendrá dentro de su comportamiento normal.

El método logarítmico para estimar dicha curva utiliza la siguiente fórmula:

$$TN = T1xN^{\log L/\log 2}$$

Dónde:

TN: Valor de medida para xx unidad

T1: Valor de medida para la 1 unidad

N: unidad xx

L: Porcentaje de la curva de aprendizaje

Debido a que se realizó una primera medición, que asumiremos como semana 1, y que dicha medición se realizó hasta el 15 de mayo obteniendo como resultado una cantidad de reprocesos de 389/semana, y una medición posterior tras 24 semanas que obtuvo un valor de 71 reprocesos/semana, podremos utilizar estos datos para calcular cuál ha sido la curva de aprendizaje y estimar cual será el número de reprocesos dentro de 6 meses de acuerdo a dicho comportamiento

TN: 71 unidades

T1: 389 unidades

N: 24

L: variable

Una vez realizados los cálculos, la fórmula nos arroja un valor de 69,01%, dato que utilizamos en la misma fórmula para calcular cuántos reprocesos se darán al cabo de 6 meses, es decir de 24 semanas más. Por tanto ahora las variables serán:

TN: variable

T1: 389 unidades

N: 48 (24 + 24)

L: 0.6901

Aplicando la fórmula obtenemos que al cabo de 6 meses, si se continúa dicha curva de aprendizaje, el número de reprocesos será de 49 reprocesos por semana. Por tanto, se puede calcular cual será el porcentaje de mejora dentro de 24 semanas:

Después de la mejora (al cabo de 24 semanas)		
Promedio unidades reprocesadas semanalmente	49	% de mejora
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 1	22,9	82,91%
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 2	16,3	87,79%
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 3	9,8	91,42%
Promedio unidades reprocesadas semanalmente por causa 4	0,0	100,00%

Dicho esto, se calcularon los indicadores nuevos de producción y productividad.

3.4.3 Nuevos Indicadores de Producción y Productividad

Como se puede observar en el análisis de las mejoras, estas permiten elevar la producción de unidades de ladrillo de concreto para intentar satisfacer la demanda que no se lograba cubrir hasta la actualidad. La tabla 23 muestra el nivel de producción que pueden aumentar y cuanto más se puede producir diaria, semanal y mensualmente.

Tabla 24: Incrementos posibles con las mejoras a realizar

Mejora	Incremento diario (unidades)	Incremento semanal (unidades)	Incremento mensual (unidades)
Mejora 1	25	150	600
Mejora 2	25	150	600
Mejora 3	20	120	480
Mejora 4	35	210	840
Total	105	630	2 520

La producción mensual, en caso de aplicar las mejoras llegaría a aumentar en 2 520 unidades, lo cual representa un aumento del 47,6% del nivel de producción (ver tabla 18 y gráfico 04)

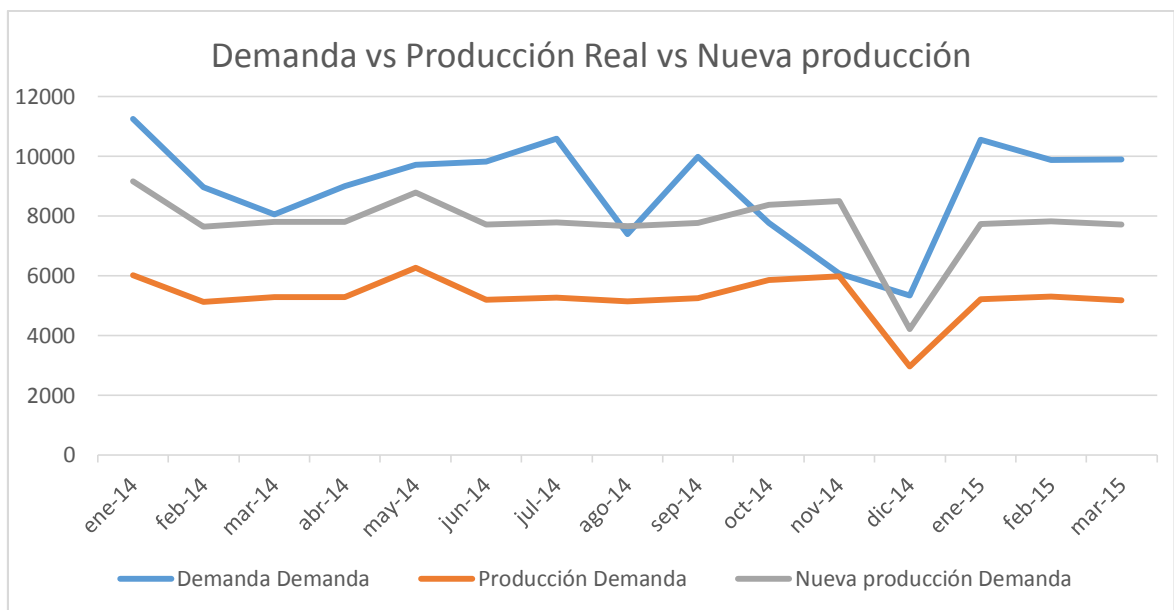
Esto permitiría a la empresa SERMATCON SRL cumplir con 87,2% de los pedidos que realiza la constructora ISOMETRIKA, superando ampliamente el 50% que satisface en la actualidad.

El indicador más importante en nuestro problema es el nivel de producción por hora, el cual, en la actualidad es de 27,56 unidades. Sin embargo, de aplicarse las mejoras sugeridas, este llegaría a 40,47 unidades por hora, lo cual soluciona en gran parte el problema del nivel de producción para la empresa y da muestras de que un trabajo de mejora continua va a permitirle a SERMATCON SRL no sólo alcanzar el 100% de la demanda de ISOMETRIKA, si no también poseer la capacidad suficiente para atender pedidos de otras empresas y consolidarse como una empresa competitiva en el mercado local y nacional.

Tabla 25: Demanda vs nueva producción factible

Mes	Demanda	Producción	Nueva producción
Ene-14	11 256	6 024	9 174
Feb-14	8 976	5 129	7 649
Mar-14	8 056	5 284	7 804
Abr-14	9 009	5 283	7 803
May-14	9 723	6 271	8 791
Jun-14	9 829	5 197	7 717
Jul-14	10 589	5 267	7 787
Ago-14	7 390	5 151	7 671
Set-14	9 979	5 256	7 776
Oct-14	7 764	5 858	8 378
Nov-14	6 067	5 981	8 501
Dic-14	5 337	2 965	4 225
Ene-15	10 557	5 220	7 740
Feb-15	9 875	5 314	7 834
Mar-15	9 900	5 190	7 710
Total	134 307	79 390	116 560

Gráfico 04: Demanda vs Producción nueva factible



3.4.4. Cuadro Comparativo de Indicadores

Tabla 26: Cuadro comparativo de indicadores

Indicador	Actual	Con mejora	Unidades	% mejora
Nivel de producción	27,56	40,47	und/hora	46,84%
Productividad cemento	36	36	und/bolsa	0,00%
Productividad arena gruesa	360	360	und/m ³	0,00%
Productividad arena fina	1 200	1 200	und/m ³	0,00%
Productividad confitillo	1 200	1 200	und/m ³	0,00%
Productividad mano de obra	13,78	20,235	und/(h*op)	49,01%
Capacidad real	6 600	10 133	und/mes	53,53%
Capacidad utilizada	5 500	7 770	und/mes	41,27%
Porcentaje de utilización	83,33%	76,68%	-	6,65%

La tabla 25 nos muestra el cuadro comparativo de indicadores, que confronta los indicadores actuales que posee la empresa con los que tendría si se diera la mejora.

El nivel de producción se vería aumentado en un 46,84% debido a que las mejoras lograrán corregir los tiempos desperdiciados en los reprocesos y en los recorridos innecesarios, para aprovecharlos y convertirlos en producto terminado.

La productividad de los materiales no se ve afectada en ningún caso, sin embargo la productividad de mano de obra si se ve beneficiada y aumenta en un 49%, pasando de fabricar por operario de 13,78 unidades a 20,23 unidades por hora,

La capacidad de la planta viene dada por el área destinada al tendido de ladrillos húmedos y actualmente es de 6 600 unidades al mes, sin embargo con la redistribución de la planta, esta superficie aumenta y se le destinan 120 m², lo cual permite a la empresa tener una capacidad de producción de 10 133 unidades al mes.

3.5 ANALISIS COSTO BENEFICIO

3.5.1 Costos de la propuesta

En el presente objetivo se detallarán los costos necesarios para la implementación de las mejoras por cada uno de los problemas y finalmente se analizará también el plazo en el que el dinero invertido para dichas mejoras será recuperado por la empresa.

Mejoras para el problema 01: alto número de unidades reprocesadas.

Tabla 27: Costo de mejoras 01

Mejora	Cantidad	Costo unitario (soles)	Costo total (soles)
Overol con ojal para herramientas	4	65	260
Nuevos recipientes con medida	5	25	125
Moldes de acero	8	450	3600
Costo total			3985

Mejoras para el problema 02: Tiempo de mezclado muy alto

Tabla 28: Costo de mejoras 02

Mejora	Cantidad	Costo unitario (soles)	Costo total (soles)
Construcción de un depósito de cemento	1	2000	2000
Adquisición de una moto carguera YS 300 XXP	1	8500	8500
Obras civiles para redistribución de áreas	1	500	500
Costo total			11 000

3.5.2 Nuevos ingresos generados por la propuesta

Debido a que la demanda sigue en aumento, para el presente análisis se considerarán como ingresos toda la producción nueva factible a partir del nuevo indicador del nivel de producción que viene dado por 40 unidades por hora, 8 horas al día, 26 días a mes.

Ingresos mensuales: $320 \text{ unidades /día} * 26 \text{ días/mes} * 1.8 \text{ nuevos soles /unidad}$

Ingresos mensuales: 15 152 nuevos soles/mes

3.5.3 Costos generales de la empresa

Tabla 29: Costos generales de la empresa

Costos	Monto (nuevos soles)
Mano de obra (1)	3800
Suministros y servicios	225
Alquiler	1300
Materiales (2)	4720
Imprevistos	200
Total	10245

Elaboración propia.

- (1) Dos operarios con 1 000 nuevos soles de salario, más un estibador con 600 nuevos soles de sueldo y 1 200 nuevos soles del sueldo del supervisor.
- (2) Para la situación actual ese valor es de 3 902,5 nuevos soles y los costos totales son de 9 427,2 nuevos soles.

3.5.4 Financiamiento y servicio de deuda

La empresa en la actualidad no cuenta con los fondos suficientes para autofinanciarse las mejoras propuestas.

Dada la situación lo más recomendable es solicitar un préstamo a una entidad bancaria para poder financiar el proyecto de mejora.

Se hicieron las consultas a dichas entidades y la elegida fue el Banco de Crédito del Perú (BCP) que ofrece la menor tasa en préstamos para microempresa (12% de interés anual).

Para realizar el análisis costo beneficio, es necesario determinar el servicio de deuda y la cuota a la que estaría sometida la empresa.

Tasa interés: 13% anual

3.5.5 Flujo de caja y análisis costo beneficio

Tabla 30: Flujo de caja anual para los próximos 5 años

Trimestres	PRINCIPAL INICIO	AMORTIZACION	INTERES	SERVICIO DE DEUDA	PRINCIPAL FINAL
1	15 000,00	2556,85	1 200,00	3 756,85	12 443,15
2	12 443,15	2 761,39	995,45	3 756,85	9 681,76
3	9 681,76	2 982,31	774,54	3 756,85	6 699,45
4	6 699,45	3 220,89	535,96	3 756,85	3 478,56
5	3 478,56	3 478,56	278,28	3 756,85	0,00
	TOTAL	15 000,00	3 784,23	18 784,23	

	0	1	2	3	4	5
Beneficios						
Incremento de ventas		S/. 181,824	S/. 172,733	S/. 164,096	S/. 181,824	S/. 181,824
Menores desperdicios de mezcla						
Reducción de personal						
Total beneficios		S/. 181,824	S/. 172,733	S/. 164,096	S/. 181,824	S/. 181,824
Tasa	16%					
Costos	13%					
Servicio de deuda		S/. 15,027	S/. 3,757			
Gastos varios		S/. 1,000	S/. 1,000	S/. 1,000	S/. 1,000	S/. 1,000
Compra de moldes	S/. 3,600		S/. 3,600		S/. 3,600	
Adquisición de moto carguera	S/. 8,500					
Construcción de depósito	S/. 2,000					
Obras Civiles	S/. 500					
Gastos operativos		S/. 122,940	S/. 122,940	S/. 122,940	S/. 122,940	S/. 122,940
Total Costos	S/. 14,600	S/. 138,967	S/. 131,297	S/. 123,940	S/. 127,540	S/. 123,940
Flujo de caja		S/. 42,857	S/. 41,436	S/. 40,156	S/. 54,284	S/. 57,884

Como se puede observar en la tabla 30, la utilidad generada para los próximos años será de entre 42 000,00 y 57 000,00 nuevos soles, lo cual representa un aspecto bastante positivo para la empresa.

El análisis costo beneficio se obtendrá calculando el VNA de los ingresos, dividido entre el VNA de los egresos, para calcular la retribución que obtendremos por cada sol invertido.

- **VNA INGRESOS: S/. 577,231**

- **VNA EGRESOS: S/. 471,794**
- **B/C: 1.223**

Como es posible observar, el beneficio a 5 años por cada sol invertido es de 0.223 nuevos soles, por tanto, se puede concluir en que la inversión realizada para este proyecto traerá beneficios económicos para la empresa.

El flujo de caja anual muestra que es posible que la empresa se apropie del préstamo y tenga liquidez para pagarlo mensualmente y siga manteniendo sus utilidades. A partir del tercer año el préstamo ya no está considerado en el análisis debido a que se termina de pagar en el primer trimestre del segundo año.

IV. CONCLUSIONES

Se determinó que la actualmente la empresa SERMATCON S.R.L. tiene un nivel de producción que solo cubre el 58,1% de la demanda. Esto se debe al alto número de unidades reprocesadas, cuya causa son los métodos de trabajo ineficientes y problemas con los moldes y materiales de trabajo; al elevado tiempo utilizado en el proceso de mezclado y a la limitada capacidad con la que cuenta la empresa actualmente.

La propuesta de mejora se basó en corregir los métodos de trabajo de los operarios, proponiendo un nuevo diagrama bimanual basado en el operario de mayor experiencia que a la vez era el de menor promedio de fallos. Esto permitió elaborar un procedimiento de trabajo que permitirá disminuir el número de unidades reprocesadas por esta causa. Además se implementó una medida de mezcla normada por SENCICO para reemplazar la medida empírica utilizada en la actualidad y se propuso una redistribución de las áreas que permita reducir el tiempo del proceso de mezclado en un 31,48%. Esta distribución permitió también ampliar el área de tendido en un 60%, por consiguiente aumentar la capacidad de planta. Toda la mejora permite incrementar el nivel de producción en un 46,84%. Sin embargo, llegamos a la conclusión de que estas mejoras no son suficientes para alcanzar el nivel de la demanda actual y solo alcanzaría medianamente el 86,8% de la demanda de este producto.

Se determinó que el costo total de implementar la propuesta será recuperado al cabo de cinco años y que la eficiencia económica aumentó en 20,79%.

V REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Caso. 2006. Técnicas de medición del trabajo. Ed. 2. Editorial Fundación Confemetal.
- Cruelles. 2014. Mejora de métodos y tiempos de fabricación. Ed. 1. Editorial Alfaomega.
- Cuatrecasas L. 2011. Organización de la producción y dirección de operaciones. Ed. 4.
- García R. 2005. Estudio del trabajo: Ingeniería de métodos y medición del trabajo. México: McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A.
- Hanke. 2004. Administración y dirección de las operaciones. Ed. 3. Editorial Pearson.
- Heizer J. 2009. Principio de la administración de operaciones. Ed. 7. Editorial Prentice Hall.
- Llivigañay et al. 2008. "Diseño para la propuesta de tecnificación de una fábrica artesanal de ladrillos"
- Meyers. 2000. Estudio de tiempos y movimientos. Ed. 2. Editorial Pearson Educación.
- Moros. 2008. "Rediseño de procesos productivos mediante reconversión tecnológica"
- Niebel B. W., Freivalds A. 2004. Ingeniería Industrial, Métodos estándares y diseño del trabajo. 11ª Ed. México: Alfaomega.
- Palacios. 2014. Ingeniería de métodos, Movimiento y Tiempos. Ed. 1. Starbook Editorial.
- Rodríguez F. 2002. Organización y métodos de trabajo. Ed. 3. Editorial Pirámide
- Sander et al. 2009. "Los ladrillos para edificios y la calidad del producto: Una visión general de algunos conceptos y principios básicos"
- SENCICO 2007. Guía para la fabricación de bloques de concreto a pequeña, mediana y gran escala. Ediciones Sol.
- SENCICO 2015. Fabricación de bloques de concreto. <http://www.sencico.gob.pe/publicaciones.php?id=214>
- Solís. 2014. "Evaluación del proceso productivo de la planta industrial Ladrillera Terraforte de 2012 a 2013.

VI. ANEXOS

Anexo 02: Medición tiempos 28/04/2015 – Operario: 01

A	Llenado de molde
B	Proceso de vibrado
C	Traslado a zona de tendido
D	Desmolde
E	Traslado de regreso

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,353	0,974	0,283	0,176	0,153	1,939	
	0,35	0,994	0,281	0,191	0,145	1,961	
	0,331	0,926	0,298	0,184	0,56	2,299	Operario desmolda mal el producto
	0,341	1,021	0,257	0,184	0,156	1,959	
	0,346	0,955	0,294	0,185	0,164	1,944	
8:00	0,329	0,93	0,276	0,188	0,145	1,868	
	0,329	1,045	0,268	0,185	0,157	1,984	
	0,31	1,01	0,265	0,187	0,685	2,457	Terreno irregular produce quiebre del ladrillo
	0,307	1,088	0,306	0,195	0,147	2,043	
9:00	0,351	0,986	0,268	0,19	0,158	1,953	
	0,325	1,003	0,264	0,184	0,154	1,93	
	0,317	1,038	0,258	0,195	0,489	2,297	Operario desmolda mal el producto
	0,315	0,961	0,319	0,193	0,145	1,933	
	0,328	1,041	0,267	0,19	0,146	1,972	
	0,307	1,051	0,32	0,177	0,7	2,555	Operario desmolda mal el producto
	0,365	1,028	0,308	0,192	0,153	2,046	
10:00	0,354	0,969	0,3	0,176	0,157	1,956	
	0,358	1,065	0,283	0,184	0,159	2,049	
	0,305	1,049	0,262	0,193	0,153	1,962	
	0,317	1,024	0,322	0,19	0,154	2,007	
	0,334	0,967	0,327	0,175	0,65	2,453	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,321	0,975	0,298	0,18	0,159	1,933	

	0,362	0,962	0,297	0,193	0,15	1,964	
	0,318	0,964	0,294	0,194	0,148	1,918	
	0,331	0,967	0,282	0,179	0,155	1,914	
	0,3	1	0,325	0,182	0,584	2,391	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,342	0,947	0,281	0,191	0,153	1,914	
	0,361	1,087	0,253	0,189	0,165	2,055	
11:00	0,303	0,942	0,278	0,197	0,155	1,875	
	0,363	0,968	0,268	0,186	0,156	1,941	
	0,331	0,972	0,282	0,178	0,15	1,913	
	0,325	1,015	0,314	0,185	0,4	2,239	Falla de molde por mezcla seca
	0,359	1,071	0,274	0,195	0,164	2,063	
	0,331	0,923	0,286	0,191	0,7	2,431	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,342	0,933	0,312	0,196	0,842	2,625	Falla de molde por mezcla seca
	0,354	1,06	0,25	0,18	0,153	1,997	
	0,352	0,963	0,28	0,191	0,561	2,347	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,354	1,035	0,261	0,191	0,145	1,986	
	0,316	0,977	0,295	0,176	0,161	1,925	
	0,648	1,026	0,325	0,199	0,163	2,361	Dificultades para llenado
	0,314	0,946	0,315	0,197	0,147	1,919	
	0,316	0,917	0,307	0,177	0,148	1,865	
12:00	0,299	0,968	0,26	0,183	0,164	1,874	
	0,328	1,029	0,325	0,176	0,165	2,023	
	0,317	1,013	0,27	0,199	0,148	1,947	
	0,347	1,041	0,278	0,179	0,9	2,745	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,343	0,943	0,291	0,179	0,153	1,909	
	0,358	0,903	0,298	0,181	0,146	1,886	
	0,314	1,022	0,276	0,19	0,84	2,642	Falla de molde por mezcla seca
	0,304	1,028	0,301	0,195	0,159	1,987	
	0,31	0,954	0,251	0,184	0,695	2,394	Operario desmolda mal el producto
	0,351	0,959	0,268	0,198	0,151	1,927	
	0,365	0,97	0,299	0,175	0,748	2,557	Mezcla seca, se le agregó agua

	0,331	1,032	0,309	0,197	0,163	2,032	
	0,341	0,934	0,276	0,195	0,165	1,911	
	0,5	1,083	0,315	0,188	0,16	2,246	Dificultades para llenado
	0,344	1,07	0,303	0,191	0,149	2,057	
14:00	0,3	1,013	0,264	0,177	0,149	1,903	
	0,299	0,929	0,316	0,186	0,149	1,879	
	0,329	1,024	0,281	0,18	0,158	1,972	
	0,33	1,076	0,259	0,177	0,164	2,006	
	0,322	1,012	0,302	0,188	0,6	2,424	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,342	0,97	0,329	0,183	0,165	1,989	
	0,348	0,918	0,282	0,179	0,6	2,327	Falla de molde por mezcla seca
	0,365	0,975	0,322	0,199	0,163	2,024	
	0,315	0,955	0,299	0,187	0,16	1,916	
	0,317	0,923	0,258	0,184	0,161	1,843	
	0,302	0,998	0,289	0,183	0,156	1,928	
15:00	0,345	0,991	0,29	0,193	0,159	1,978	
	0,312	1,022	0,3	0,182	0,15	1,966	
	0,356	1,024	0,272	0,198	0,462	2,312	Falla de molde por mezcla seca
	0,345	1,039	0,329	0,186	0,67	2,569	Falla de molde por mezcla seca
	0,313	1,05	0,314	0,19	0,16	2,027	
	0,326	0,914	0,281	0,184	0,148	1,853	
	0,49	0,994	0,327	0,198	0,161	2,17	Dificultades para llenado
	0,333	0,904	0,312	0,181	0,161	1,891	
	0,309	1,082	0,288	0,177	0,161	2,017	
	0,303	1,038	0,307	0,197	0,4	2,245	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,349	0,971	0,314	0,188	0,164	1,986	
16:00	0,351	1,054	0,321	0,197	0,146	2,069	
	0,355	1,062	0,271	0,198	0,159	2,045	
	0,33	0,9	0,299	0,18	0,152	1,861	
	0,322	1,033	0,268	0,181	0,563	2,367	Operario desmolda mal el producto
	0,347	1,087	0,296	0,183	0,159	2,072	

	0,33	0,987	0,312	0,182	0,15	1,961	
	0,348	0,972	0,33	0,189	0,158	1,997	
	0,349	1,087	0,268	0,19	0,161	2,055	
	0,341	0,976	0,313	0,192	0,148	1,97	
17:00	0,303	1,048	0,326	0,19	0,153	2,02	
	0,345	1,065	0,29	0,175	0,149	2,024	
	0,299	1,02	0,259	0,199	0,148	1,925	
	0,335	1,017	0,293	0,192	0,7	2,537	Operario desmolda mal el producto
	0,349	0,967	0,321	0,188	0,165	1,99	
	0,31	0,9	0,286	0,195	0,149	1,84	
	0,346	0,985	0,316	0,199	0,161	2,007	
	0,299	0,913	0,328	0,186	0,163	1,889	

Anexo 03: Medición tiempos 29/04/2015 – Operario: 01

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,34	0,972	0,318	0,18	0,163	1,973	
	0,306	0,979	0,286	0,16	0,15	1,881	
	0,299	1,016	0,289	0,159	0,15	1,913	
	0,326	0,984	0,313	0,173	0,161	1,957	
8:00	0,326	1,032	0,319	0,18	0,152	2,009	
	0,304	1,019	0,299	0,184	0,6	2,406	Operario desmolda mal el producto
	0,346	1,019	0,308	0,153	0,159	1,985	
	0,334	1,037	0,314	0,199	0,164	2,048	
9:00	0,34	0,98	0,291	0,157	0,15	1,918	
	0,31	0,974	0,32	0,173	0,574	2,351	Terreno irregular produce quiebre del ladrillo
	0,309	1,008	0,285	0,194	0,6	2,396	Operario desmolda mal el producto
	0,324	1,015	0,298	0,193	0,154	1,984	
	0,309	1,023	0,278	0,156	0,153	1,919	
	0,322	1,02	0,282	0,172	0,156	1,952	
	0,309	0,997	0,306	0,152	0,153	1,917	
	0,345	0,976	0,271	0,178	0,159	1,929	
	0,347	1,005	0,282	0,181	0,158	1,973	
10:00	0,306	0,989	0,329	0,175	0,152	1,951	
	0,317	0,998	0,293	0,153	0,82	2,581	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,318	1,02	0,295	0,192	0,162	1,987	
	0,323	1,018	0,288	0,178	0,155	1,962	
	0,33	1,027	0,309	0,15	0,156	1,972	
	0,317	0,983	0,299	0,161	0,164	1,924	
	0,311	0,972	0,299	0,181	0,4	2,163	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,314	0,997	0,275	0,189	0,4	2,175	Falla de molde por mezcla seca
	0,302	0,965	0,288	0,187	0,65	2,392	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,347	1,016	0,326	0,18	0,152	2,021	
	0,343	1,004	0,287	0,18	0,164	1,978	
	0,303	1,029	0,283	0,195	0,164	1,974	
	0,311	1,023	0,317	0,187	0,156	1,994	

11:00	0,336	1,036	0,302	0,197	0,157	2,028	
	0,339	0,973	0,294	0,193	0,158	1,957	
	0,348	1,012	0,291	0,169	0,161	1,981	
	0,299	0,967	0,301	0,197	0,163	1,927	
	0,302	1,031	0,292	0,2	0,158	1,983	
	0,335	0,97	0,303	0,189	0,165	1,962	
	0,313	0,99	0,312	0,168	0,155	1,938	
	0,336	0,968	0,319	0,168	0,43	2,221	Falla de molde por mezcla seca
	0,307	1,04	0,274	0,163	0,782	2,566	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,63	1,034	0,292	0,16	0,156	2,272	Dificultades para llenado
	0,314	0,976	0,294	0,178	0,152	1,914	
	0,344	1,022	0,291	0,18	0,156	1,993	
	0,303	0,997	0,289	0,177	0,16	1,926	
12:00	0,316	1,041	0,308	0,153	0,156	1,974	
	0,301	1,041	0,284	0,176	0,164	1,966	
	0,34	0,98	0,297	0,171	0,64	2,428	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,346	0,999	0,275	0,151	0,153	1,924	
	0,342	0,971	0,293	0,202	0,151	1,959	
	0,344	1,016	0,289	0,157	0,162	1,968	
	0,31	0,998	0,298	0,201	0,46	2,267	Operario desmolda mal el producto
	0,317	0,994	0,317	0,202	0,156	1,986	
	0,334	0,98	0,295	0,161	0,159	1,929	
	0,342	0,985	0,273	0,202	0,6	2,402	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,304	1,039	0,32	0,156	0,7	2,519	Terreno irregular produce quiebre del ladrillo
	0,305	0,969	0,299	0,176	0,154	1,903	
	0,541	0,992	0,305	0,191	0,161	2,19	Dificultades para llenado
	0,318	0,997	0,322	0,201	0,157	1,995	
14:00	0,349	1,039	0,31	0,191	0,7	2,589	Operario desmolda mal el producto
	0,341	1,019	0,276	0,192	0,84	2,668	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,342	1,002	0,299	0,199	0,152	1,994	
	0,346	1,023	0,287	0,185	0,155	1,996	

	0,315	1,022	0,276	0,197	0,156	1,966	
	0,307	0,968	0,295	0,16	0,15	1,88	
	0,322	0,967	0,299	0,167	0,152	1,907	
	0,344	1,002	0,316	0,159	0,151	1,972	
	0,348	1,03	0,322	0,192	0,9	2,792	Operario desmolda mal el producto
	0,301	1,016	0,305	0,177	0,16	1,959	
	0,346	1,003	0,271	0,155	0,159	1,934	
15:00	0,307	1	0,33	0,188	0,153	1,978	
	0,333	1,016	0,28	0,156	0,161	1,946	
	0,323	1,013	0,296	0,152	0,37	2,154	Falla de molde por mezcla seca
	0,33	1,002	0,322	0,166	0,583	2,403	Falla de molde por mezcla seca
	0,349	0,999	0,296	0,183	0,158	1,985	
	0,303	1,032	0,295	0,197	0,163	1,99	
	0,312	0,989	0,315	0,191	0,153	1,96	
	0,348	0,973	0,322	0,156	0,16	1,959	
	0,324	1,01	0,299	0,15	0,157	1,94	
16:00	0,332	0,967	0,293	0,19	0,156	1,938	
	0,349	1,037	0,271	0,163	0,15	1,97	
	0,312	0,979	0,27	0,17	0,161	1,892	
	0,337	0,995	0,328	0,176	0,5	2,336	Falla de molde por mezcla seca
	0,299	1,021	0,306	0,158	0,154	1,938	
	0,318	1,017	0,305	0,198	0,159	1,997	
	0,328	1,019	0,276	0,183	0,158	1,964	
	0,334	1,034	0,277	0,171	0,158	1,974	
	0,301	0,994	0,284	0,155	0,157	1,891	
	0,336	1,04	0,294	0,181	0,16	2,011	
	0,308	0,969	0,28	0,173	0,154	1,884	
	0,326	0,992	0,322	0,19	0,164	1,994	
17:00	0,302	0,966	0,286	0,157	0,154	1,865	
	0,311	0,991	0,285	0,189	0,158	1,934	

	0,349	1	0,303	0,186	0,63	2,468	Operario desmolda mal el producto
	0,338	1,005	0,326	0,17	0,51	2,349	Operario desmolda mal el producto
	0,308	0,969	0,312	0,173	0,154	1,916	
	0,312	0,974	0,299	0,163	0,15	1,898	
	0,316	0,993	0,316	0,158	0,16	1,943	

Anexo 04: Medición tiempos 30/04/2015 – Operario: 01

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,341	1,033	0,287	0,194	0,15	2,005	
	0,34	1,011	0,286	0,184	0,56	2,381	Operario desmolda mal el producto
	0,303	0,975	0,32	0,202	0,152	1,952	
	0,333	0,964	0,307	0,169	0,159	1,932	
	0,313	0,942	0,29	0,155	0,164	1,864	
8:00	0,348	0,957	0,329	0,201	0,159	1,994	
	0,314	0,989	0,328	0,186	0,152	1,969	
	0,349	1,029	0,297	0,159	0,153	1,987	
	0,338	1,031	0,327	0,185	0,156	2,037	
9:00	0,312	1,004	0,304	0,179	0,157	1,956	
	0,307	0,972	0,319	0,185	0,154	1,937	
	0,333	1,042	0,278	0,153	0,165	1,971	
	0,333	0,976	0,301	0,17	0,65	2,43	Operario desmolda mal el producto
	0,341	1,022	0,286	0,182	0,7	2,531	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,341	1,007	0,282	0,201	0,154	1,985	
	0,33	1,02	0,293	0,151	0,158	1,952	
	0,346	1,013	0,329	0,199	0,155	2,042	
10:00	0,32	1,007	0,286	0,177	0,165	1,955	
	0,305	1,039	0,307	0,174	0,51	2,335	Falla de molde por mezcla seca
	0,349	0,991	0,32	0,152	0,152	1,964	
	0,329	0,975	0,319	0,192	0,162	1,977	
	0,332	1,007	0,322	0,184	0,156	2,001	
	0,349	1,025	0,319	0,154	0,7	2,547	Falla de molde por mezcla seca
	0,318	0,964	0,29	0,18	0,85	2,602	Falla de molde por mezcla seca
	0,306	1,041	0,277	0,173	0,97	2,767	Falla de molde por mezcla seca
	0,309	0,978	0,279	0,162	0,156	1,884	
	0,304	0,974	0,278	0,177	0,157	1,89	

11:00	0,31	1,037	0,329	0,152	0,157	1,985	
	0,318	1,03	0,319	0,176	0,157	2	
	0,35	1,023	0,322	0,159	0,157	2,011	
	0,319	1	0,295	0,187	0,153	1,954	
	0,317	0,998	0,294	0,175	0,65	2,434	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,32	1	0,281	0,197	0,164	1,962	
	0,319	1,001	0,293	0,191	0,153	1,957	
	0,301	0,965	0,294	0,176	0,16	1,896	
	0,321	0,999	0,276	0,155	0,611	2,362	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,313	1,031	0,311	0,191	0,159	2,005	
	0,3	1,022	0,283	0,189	0,161	1,955	
	0,6	1,039	0,273	0,187	0,165	2,264	Dificultades para llenado
	0,339	1,016	0,307	0,181	0,652	2,495	Operario desmolda mal el producto
12:00	0,345	0,999	0,312	0,176	0,9	2,732	Operario desmolda mal el producto
	0,303	1,012	0,294	0,165	0,164	1,938	
	0,341	1,035	0,304	0,183	0,157	2,02	
	0,309	1,04	0,314	0,193	0,152	2,008	
	0,308	0,995	0,304	0,17	0,161	1,938	
	0,303	0,977	0,276	0,169	0,7	2,425	Operario desmolda mal el producto
	0,59	0,984	0,322	0,185	0,164	2,245	Dificultades para llenado
	0,318	1,009	0,275	0,196	0,165	1,963	
	0,35	1,003	0,274	0,17	0,153	1,95	
	0,329	0,967	0,299	0,192	0,156	1,943	
	0,323	0,982	0,328	0,16	0,7	2,493	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,351	1,035	0,327	0,166	0,15	2,029	
	0,308	0,984	0,275	0,17	0,43	2,167	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,351	1,029	0,291	0,181	0,157	2,009	
	0,331	1,018	0,315	0,156	0,163	1,983	
14:00	0,316	1,003	0,317	0,196	0,16	1,992	

	0,333	1,02	0,297	0,181	0,151	1,982	
	0,305	1,026	0,298	0,184	0,52	2,333	Falla de molde por mezcla seca
	0,329	0,998	0,318	0,171	0,163	1,979	
	0,335	1,02	0,286	0,196	0,155	1,992	
	0,3	0,977	0,304	0,185	0,159	1,925	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,316	0,984	0,281	0,193	0,573	2,347	Falla de molde por mezcla seca
	0,309	0,978	0,28	0,152	0,4	2,119	Falla de molde por mezcla seca
	0,332	1,043	0,298	0,171	0,153	1,997	
	0,317	1,043	0,304	0,194	0,155	2,013	
	0,8	0,991	0,3	0,188	0,155	2,434	Dificultades para llenado
15:00	0,35	0,986	0,327	0,2	0,158	2,021	
	0,318	0,979	0,27	0,18	0,157	1,904	
	0,325	1,017	0,278	0,163	0,163	1,946	
	0,327	0,984	0,313	0,174	1,1	2,898	Falla de molde por mezcla seca
	0,317	0,985	0,28	0,162	0,52	2,264	Operario desmolda mal el producto
	0,314	1,028	0,312	0,188	0,162	2,004	
	0,308	1,026	0,319	0,195	0,159	2,007	
	0,325	0,999	0,307	0,171	0,162	1,964	
	0,332	1,024	0,33	0,155	0,155	1,996	
16:00	0,344	1,022	0,32	0,192	0,158	2,036	
	0,342	1,031	0,324	0,167	0,162	2,026	
	0,332	1,038	0,283	0,201	0,162	2,016	
	0,334	1,04	0,304	0,195	1	2,873	Falla de molde por mezcla seca
	0,35	1,003	0,327	0,164	0,155	1,999	
	0,313	1,026	0,33	0,183	0,162	2,014	
	0,331	1,031	0,326	0,19	0,151	2,029	
	0,3	0,978	0,293	0,192	0,156	1,919	
17:00	0,349	1,032	0,327	0,154	0,159	2,021	
	0,3	0,997	0,296	0,166	0,165	1,924	

	0,307	1,006	0,322	0,195	0,158	1,988	
	0,339	0,976	0,317	0,184	0,65	2,466	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,329	0,979	0,297	0,189	0,61	2,404	Operario desmolda mal el producto
	0,313	1,039	0,313	0,173	0,43	2,268	Operario desmolda mal el producto

Anexo 05: Medición tiempos 05/05/2015 – Operario: 02

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,326	1,037	0,33	0,168	0,163	2,024	
	0,351	1,006	0,305	0,161	0,154	1,977	
	0,332	1,007	0,282	0,183	0,64	2,444	Operario desmolda mal el producto
	0,322	0,967	0,286	0,202	0,15	1,927	
	0,344	1,034	0,314	0,16	0,156	2,008	
8:00	0,325	1,042	0,28	0,192	0,157	1,996	
	0,324	1,025	0,282	0,188	0,152	1,971	
	0,325	1,014	0,315	0,152	0,153	1,959	
	0,347	1,002	0,33	0,183	0,15	2,012	
9:00	0,334	1,004	0,289	0,159	0,16	1,946	
	0,307	1,023	0,309	0,195	0,152	1,986	
	0,341	0,988	0,294	0,17	0,51	2,303	Operario desmolda mal el producto
	0,327	1,041	0,314	0,18	0,5	2,362	Operario desmolda mal el producto
	0,318	0,992	0,278	0,198	0,16	1,946	
	0,6	1,028	0,296	0,16	0,158	2,242	Dificultades para llenado
	0,45	1,014	0,295	0,151	0,161	2,071	Dificultades para llenado
	0,7	1,042	0,305	0,158	0,157	2,362	Dificultades para llenado
	0,351	1,015	0,316	0,165	0,164	2,011	
10:00	0,306	0,963	0,3	0,153	0,65	2,372	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,307	0,963	0,281	0,161	0,151	1,863	
	0,341	1,017	0,317	0,187	0,151	2,013	
	0,304	1,02	0,317	0,179	0,58	2,4	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,329	0,984	0,3	0,189	0,16	1,962	
	0,334	0,971	0,308	0,161	0,153	1,927	
	0,34	1,03	0,275	0,198	0,62	2,463	Operario desmolda mal el producto
	0,308	1,002	0,327	0,2	0,155	1,992	
	0,329	1,023	0,297	0,202	0,151	2,002	

	0,337	1,031	0,319	0,189	0,68	2,556	Mezcla seca, se le agregó agua
11:00	0,337	1,015	0,272	0,182	0,164	1,97	
	0,348	0,969	0,305	0,15	0,152	1,924	
	0,328	1,005	0,286	0,167	0,75	2,536	Operario desmolda mal el producto
	0,301	0,979	0,28	0,184	0,46	2,204	Operario desmolda mal el producto
	0,349	0,968	0,309	0,174	0,16	1,96	
	0,336	0,97	0,325	0,16	0,152	1,943	
	0,33	1,01	0,32	0,166	0,59	2,416	Falla de molde por mezcla seca
	0,321	0,97	0,299	0,171	0,164	1,925	
	0,313	1,027	0,295	0,152	0,65	2,437	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,324	1,01	0,303	0,2	0,63	2,467	Falla de molde por mezcla seca
	0,349	1,015	0,309	0,173	0,158	2,004	
	0,301	0,973	0,299	0,195	0,152	1,92	
	0,309	1,017	0,302	0,173	0,154	1,955	
12:00	0,349	0,983	0,277	0,169	0,162	1,94	Dificultades para llenado
	0,322	0,981	0,312	0,201	0,161	1,977	
	0,321	0,974	0,317	0,167	0,159	1,938	
	0,349	0,993	0,303	0,202	0,58	2,427	Falla de molde por mezcla seca
	0,321	1,015	0,278	0,164	0,164	1,942	
	0,349	1,01	0,31	0,152	0,158	1,979	
	0,329	1,014	0,272	0,166	0,52	2,301	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,351	0,993	0,278	0,169	0,159	1,95	
	0,304	1,033	0,275	0,198	0,65	2,46	Falla de molde por mezcla seca
	0,332	0,996	0,273	0,18	0,158	1,939	
	0,329	0,976	0,322	0,194	0,159	1,98	
	0,314	0,964	0,292	0,196	0,165	1,931	
	0,34	0,984	0,29	0,163	0,54	2,317	Operario desmolda mal el producto
	0,322	1,021	0,33	0,171	0,162	2,006	
	0,299	1,018	0,277	0,19	0,154	1,938	Dificultades para llenado

14:00	0,322	0,984	0,313	0,168	0,153	1,94	
	0,308	1,011	0,318	0,186	0,53	2,353	Operario desmolda mal el producto
	0,343	0,976	0,302	0,165	0,51	2,296	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,321	1,035	0,285	0,169	0,158	1,968	
	0,329	0,965	0,306	0,156	0,155	1,911	
	0,314	1,028	0,293	0,175	0,159	1,969	Dificultades para llenado
	0,319	1,037	0,329	0,161	0,161	2,007	
	0,319	1,015	0,287	0,173	0,156	1,95	Dificultades para llenado
	0,333	1	0,297	0,15	0,56	2,34	Operario desmolda mal el producto
	0,328	0,992	0,292	0,154	0,154	1,92	
	0,302	1,012	0,327	0,18	0,162	1,983	
	0,349	0,981	0,288	0,194	0,159	1,971	
15:00	0,326	1,043	0,315	0,168	0,158	2,01	
	0,349	1,04	0,301	0,174	0,16	2,024	
	0,335	0,979	0,284	0,19	0,61	2,398	Operario desmolda mal el producto
	0,334	0,998	0,297	0,186	0,165	1,98	
	0,342	0,979	0,29	0,178	0,158	1,947	
	0,321	0,976	0,301	0,188	0,165	1,951	
	0,343	1,008	0,295	0,18	0,65	2,476	Falla de molde por mezcla seca
	0,305	1,035	0,305	0,182	0,159	1,986	
	0,324	0,992	0,294	0,152	0,151	1,913	
16:00	0,309	0,981	0,286	0,158	0,151	1,885	
	0,333	1,013	0,276	0,192	0,165	1,979	
	0,349	0,985	0,314	0,191	0,153	1,992	
	0,316	1,017	0,307	0,176	0,157	1,973	

	0,346	1	0,298	0,167	0,8	2,611	Operario desmolda mal el producto
	0,34	1,043	0,286	0,15	0,153	1,972	
	0,326	0,992	0,32	0,183	0,163	1,984	
	0,35	0,992	0,271	0,201	0,152	1,966	
17:00	0,328	1,014	0,295	0,163	0,156	1,956	
	0,326	0,982	0,304	0,176	0,154	1,942	
	0,337	1,005	0,323	0,155	0,165	1,985	
	0,329	1	0,329	0,158	0,64	2,456	Operario desmolda mal el producto
	0,326	0,992	0,317	0,151	0,58	2,366	Falla de molde por mezcla seca

Anexo 06: Medición tiempos 06/05/2015 – Operario: 02

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,35	0,976	0,311	0,196	0,16	1,993	
	0,331	1,012	0,294	0,161	0,154	1,952	
	0,336	0,994	0,29	0,193	0,7	2,513	Operario desmolda mal el producto
	0,33	1,023	0,284	0,172	0,15	1,959	
	0,304	1,001	0,277	0,199	0,161	1,942	
8:00	0,49	1,041	0,286	0,151	0,152	2,12	Dificultades para llenado
	0,325	0,992	0,319	0,158	0,164	1,958	
	0,325	0,965	0,286	0,176	0,151	1,903	
	0,32	1,01	0,303	0,164	0,151	1,948	
9:00	0,322	0,963	0,312	0,19	0,158	1,945	
	0,309	0,964	0,308	0,196	0,159	1,936	
	0,346	1,037	0,29	0,175	0,54	2,388	Operario desmolda mal el producto
	0,327	0,987	0,303	0,183	0,162	1,962	
	0,339	1,027	0,3	0,157	0,165	1,988	
	0,303	0,974	0,301	0,182	0,76	2,52	Operario desmolda mal el producto
	0,303	1,032	0,285	0,163	0,162	1,945	
	0,311	1,021	0,302	0,179	0,158	1,971	
	0,343	0,985	0,284	0,185	0,164	1,961	
10:00	0,303	1,003	0,319	0,186	0,157	1,968	
	0,326	0,973	0,291	0,17	0,151	1,911	
	0,335	1,013	0,322	0,201	0,85	2,721	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,305	0,982	0,31	0,169	0,151	1,917	
	0,307	0,984	0,325	0,169	0,153	1,938	
	0,63	1,016	0,309	0,192	0,151	2,298	Dificultades para llenado
	0,349	0,988	0,309	0,202	0,153	2,001	
	0,341	0,963	0,315	0,188	0,65	2,457	Mezcla seca, se le agregó agua

	0,314	1,023	0,323	0,177	0,15	1,987	
	0,314	0,99	0,288	0,175	0,16	1,927	
11:00	0,34	0,999	0,33	0,199	0,78	2,648	Operario desmolda mal el producto
	0,312	0,994	0,291	0,194	0,16	1,951	
	0,326	1,013	0,292	0,173	0,162	1,966	
	0,35	0,982	0,33	0,189	0,98	2,831	Falla de molde por mezcla seca
	0,348	1,01	0,313	0,18	0,15	2,001	
	0,334	1,038	0,274	0,166	0,162	1,974	
	0,338	0,991	0,292	0,185	0,45	2,256	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,32	0,982	0,279	0,166	0,155	1,902	
	0,322	0,976	0,319	0,162	0,156	1,935	
	0,59	0,99	0,312	0,176	0,162	2,23	Dificultades para llenado
	0,343	0,974	0,281	0,182	0,158	1,938	
12:00	0,316	0,977	0,321	0,188	0,163	1,965	
	0,307	1,003	0,313	0,191	0,7	2,514	Operario desmolda mal el producto
	0,299	0,967	0,299	0,16	0,162	1,887	
	0,299	1,016	0,327	0,197	0,153	1,992	
	0,342	0,983	0,294	0,17	0,54	2,329	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,82	1,034	0,281	0,152	0,158	2,445	Dificultades para llenado
	0,299	0,965	0,273	0,181	0,156	1,874	
	0,3	0,996	0,272	0,177	1,01	2,755	Falla de molde por mezcla seca
	0,305	0,99	0,318	0,167	0,162	1,942	
	0,308	1,033	0,309	0,153	0,65	2,453	Operario desmolda mal el producto
	0,324	1,035	0,307	0,198	0,159	2,023	
	0,35	0,979	0,314	0,198	0,58	2,421	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,309	1,039	0,32	0,16	0,154	1,982	
	0,343	1,003	0,298	0,158	0,162	1,964	
	0,82	1,017	0,286	0,2	0,159	2,482	Dificultades para llenado
14:00	0,343	1,036	0,322	0,158	0,164	2,023	
	0,316	0,982	0,273	0,154	0,163	1,888	

	0,32	1,013	0,287	0,18	0,46	2,26	Terreno irregular produce quiebre del ladr
	0,306	0,963	0,29	0,184	0,164	1,907	
	0,318	1,019	0,291	0,198	0,155	1,981	
	0,346	1,019	0,324	0,196	0,49	2,375	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,331	1,015	0,311	0,167	0,152	1,976	
	0,332	1,017	0,292	0,167	1,06	2,868	Falla de molde por mezcla seca
	0,342	0,992	0,277	0,167	0,155	1,933	
	0,329	0,981	0,306	0,196	0,156	1,968	
	0,79	1,023	0,275	0,159	0,15	2,397	Dificultades para llenado
	0,48	0,994	0,284	0,199	0,152	2,109	Dificultades para llenado
15:00	0,306	1,029	0,28	0,152	0,159	1,926	
	0,347	0,967	0,279	0,158	0,158	1,909	
	0,35	1,009	0,326	0,15	0,155	1,99	
	0,307	1,035	0,29	0,162	0,59	2,384	Operario desmolda mal el producto
	0,312	1,041	0,325	0,159	0,157	1,994	
	0,341	1,015	0,329	0,187	0,152	2,024	
	0,344	1,024	0,315	0,173	0,161	2,017	
16:00	0,315	1,012	0,297	0,15	0,56	2,334	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,345	1,013	0,323	0,175	0,153	2,009	
	0,346	1,03	0,312	0,153	0,157	1,998	
	0,313	0,978	0,308	0,2	0,165	1,964	
	0,317	0,976	0,309	0,16	0,164	1,926	
	0,309	0,968	0,309	0,152	0,58	2,318	Operario desmolda mal el producto
	0,338	0,993	0,317	0,181	0,159	1,988	
	0,3	1,033	0,308	0,18	0,151	1,972	
	0,48	1,009	0,329	0,18	0,159	2,157	Dificultades para llenado
	0,316	1,002	0,293	0,168	0,153	1,932	

17:00	0,343	0,969	0,309	0,172	0,165	1,958	
	0,332	0,967	0,327	0,182	0,6	2,408	Operario desmolda mal el producto
	0,331	0,994	0,28	0,177	0,162	1,944	
	0,323	1,037	0,31	0,161	0,6	2,431	Operario desmolda mal el producto
	0,301	0,995	0,281	0,186	0,16	1,923	
	0,308	0,978	0,314	0,177	0,156	1,933	

Anexo 07: Medición tiempos 07/05/2015 – Operario: 02

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,43	0,981	0,291	0,163	0,163	2,028	Dificultades para llenado
	0,6	0,972	0,297	0,17	0,153	2,192	Dificultades para llenado
	0,54	1,023	0,317	0,179	0,155	2,214	Dificultades para llenado
	0,333	1,007	0,286	0,163	0,157	1,946	
	0,314	0,981	0,314	0,161	0,55	2,32	Operario desmolda mal el producto
8:00	0,329	0,969	0,298	0,159	0,59	2,345	Operario desmolda mal el producto
	0,332	1,033	0,3	0,194	0,159	2,018	
	0,317	1,016	0,271	0,153	0,16	1,917	
	0,338	0,997	0,311	0,158	0,156	1,96	
9:00	0,309	0,984	0,274	0,162	0,158	1,887	
	0,346	0,974	0,283	0,199	0,156	1,958	
	0,328	0,969	0,285	0,176	0,64	2,398	Operario desmolda mal el producto
	0,33	0,99	0,271	0,186	0,15	1,927	
	0,331	1,023	0,288	0,198	0,155	1,995	
	0,318	1,01	0,325	0,197	0,62	2,47	Operario desmolda mal el producto
	0,34	0,965	0,31	0,169	0,164	1,948	
10:00	0,346	0,973	0,282	0,185	0,165	1,951	
	0,299	1,02	0,273	0,201	0,153	1,946	
	0,309	1,022	0,292	0,161	0,48	2,264	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,315	0,981	0,279	0,167	0,162	1,904	
	0,312	1,024	0,301	0,156	0,164	1,957	
	0,31	1,034	0,284	0,189	0,162	1,979	
	0,304	1,009	0,33	0,19	0,159	1,992	
	0,332	1,022	0,31	0,175	0,64	2,479	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,324	1,026	0,318	0,19	0,155	2,013	
	0,35	0,966	0,287	0,173	0,157	1,933	

11:00	0,319	1,006	0,289	0,175	0,162	1,951	
	0,329	1,019	0,305	0,178	0,151	1,982	
	0,308	1,024	0,28	0,198	0,156	1,966	
	0,314	0,981	0,27	0,197	1,01	2,772	Falla de molde por mezcla seca
	0,347	1,001	0,279	0,163	0,161	1,951	
	0,337	0,967	0,313	0,181	0,165	1,963	
	0,324	0,978	0,313	0,159	0,155	1,929	
	0,305	1,023	0,314	0,201	0,15	1,993	
	0,314	1,037	0,272	0,202	0,61	2,435	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,301	0,991	0,315	0,199	0,15	1,956	
	0,323	1,032	0,299	0,164	0,15	1,968	
	0,343	1,008	0,319	0,196	0,6	2,466	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,318	1,038	0,274	0,202	0,95	2,782	Falla de molde por mezcla seca
12:00	0,342	0,964	0,32	0,201	0,161	1,988	
	0,348	0,986	0,291	0,202	0,97	2,797	Falla de molde por mezcla seca
	0,328	1,03	0,27	0,177	0,63	2,435	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,308	1,029	0,276	0,188	0,15	1,951	
	0,335	1,041	0,324	0,165	0,164	2,029	
	0,349	0,978	0,289	0,196	0,16	1,972	
	0,349	1,006	0,29	0,162	0,55	2,357	Operario desmolda mal el producto
	0,328	1,014	0,282	0,184	0,15	1,958	
	0,337	0,969	0,293	0,161	0,61	2,37	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,302	0,99	0,316	0,157	0,158	1,923	
	0,328	0,977	0,307	0,196	0,162	1,97	
	0,74	0,988	0,309	0,15	0,161	2,348	Dificultades para llenado
14:00	0,33	1,031	0,307	0,153	0,16	1,981	
	0,339	0,967	0,288	0,172	0,163	1,929	
	0,323	0,986	0,307	0,158	0,154	1,928	
	0,34	1,024	0,294	0,151	0,155	1,964	

	0,299	1,008	0,275	0,169	0,158	1,909	
	0,336	1,015	0,27	0,19	0,56	2,371	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,337	1,016	0,274	0,189	0,15	1,966	
	0,305	1,009	0,296	0,171	1	2,781	Falla de molde por mezcla seca
	0,305	1,041	0,302	0,15	0,155	1,953	
	0,349	1,014	0,32	0,199	0,157	2,039	
	0,336	0,975	0,314	0,175	0,89	2,69	Falla de molde por mezcla seca
	0,319	0,978	0,306	0,175	0,155	1,933	
15:00	0,329	0,992	0,286	0,191	0,15	1,948	
	0,331	0,97	0,32	0,19	0,165	1,976	
	0,351	1,009	0,296	0,189	1,12	2,965	Falla de molde por mezcla seca
	0,346	1,002	0,271	0,178	1,05	2,847	Falla de molde por mezcla seca
	0,321	0,963	0,3	0,2	0,161	1,945	
	0,333	1,019	0,308	0,15	0,161	1,971	
	0,313	0,966	0,278	0,2	0,165	1,922	
	0,301	1,043	0,326	0,2	0,151	2,021	
16:00	0,327	1,009	0,309	0,151	0,61	2,406	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,334	1,011	0,294	0,194	0,153	1,986	
	0,306	0,979	0,272	0,183	0,155	1,895	
	0,8	0,972	0,281	0,202	0,164	2,419	Dificultades para llenado
	0,311	1,015	0,292	0,188	0,15	1,956	
	0,316	0,991	0,276	0,196	0,57	2,349	Operario desmolda mal el producto
	0,308	1,006	0,275	0,194	0,15	1,933	
	0,336	1,03	0,279	0,184	0,151	1,98	
	0,67	1,012	0,329	0,171	0,152	2,334	Dificultades para llenado
	0,339	0,978	0,308	0,179	0,153	1,957	

	0,308	1,018	0,328	0,198	1,2	3,052	Falla de molde por mezcla seca
	0,326	1,023	0,284	0,161	0,156	1,95	
17:00	0,309	0,995	0,309	0,157	0,156	1,926	
	0,343	1,033	0,315	0,176	0,54	2,407	Operario desmolda mal el producto
	0,3	0,998	0,312	0,15	0,162	1,922	
	0,342	1,007	0,329	0,159	0,64	2,477	Operario desmolda mal el producto
	0,337	1,025	0,307	0,176	0,63	2,475	Operario desmolda mal el producto
	0,348	1,011	0,3	0,197	0,51	2,366	Operario desmolda mal el producto

Anexo 08: Medición tiempos 08/05/2015 – Operario: 01

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,315	0,967	0,319	0,174	0,156	1,931	
	0,31	1,017	0,285	0,163	0,161	1,936	
	0,318	1,018	0,289	0,153	0,156	1,934	
	0,302	0,993	0,275	0,176	0,153	1,899	
	0,32	0,984	0,29	0,153	0,82	2,567	Falla de molde por mezcla seca
8:00	0,314	1,034	0,275	0,151	0,162	1,936	
	0,324	1,018	0,296	0,19	0,15	1,978	
	0,334	1,011	0,282	0,197	0,56	2,384	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,312	0,976	0,279	0,186	0,152	1,905	
9:00	0,34	0,993	0,32	0,182	0,155	1,99	
	0,344	0,975	0,31	0,176	0,159	1,964	
	0,325	1,002	0,302	0,162	0,51	2,301	Operario desmolda mal el producto
	0,344	0,968	0,33	0,202	0,154	1,998	
	0,346	1,025	0,316	0,195	0,162	2,044	
	0,343	1,023	0,3	0,195	0,54	2,401	Operario desmolda mal el producto
	0,338	1,032	0,323	0,154	0,156	2,003	
	0,323	0,986	0,326	0,188	0,157	1,98	
	0,34	0,994	0,296	0,181	0,153	1,964	
10:00	0,347	1,041	0,33	0,197	0,152	2,067	
	0,34	1,024	0,274	0,178	0,164	1,98	
	0,337	0,982	0,328	0,166	0,65	2,463	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,347	1,041	0,276	0,193	0,154	2,011	
	0,317	1,041	0,289	0,15	0,152	1,949	
	0,305	1,002	0,286	0,164	0,163	1,92	
	0,317	0,999	0,323	0,193	0,157	1,989	

	0,327	1,012	0,297	0,189	1,05	2,875	Falla de molde por mezcla seca
	0,33	1,016	0,31	0,202	0,159	2,017	
	0,302	1,015	0,328	0,163	0,161	1,969	
11:00	0,304	0,973	0,277	0,193	0,152	1,899	
	0,324	0,988	0,297	0,182	0,15	1,941	
	0,328	1,027	0,306	0,165	0,161	1,987	
	0,335	1,024	0,302	0,184	0,64	2,485	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,324	1,005	0,31	0,175	0,153	1,967	
	0,33	0,969	0,278	0,165	0,153	1,895	
	0,347	1,01	0,271	0,159	0,165	1,952	
	0,349	1,032	0,288	0,151	0,152	1,972	
	0,326	1,011	0,293	0,173	0,54	2,343	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,343	1,035	0,32	0,16	0,15	2,008	
	0,329	1,035	0,314	0,164	0,162	2,004	
	0,322	0,98	0,271	0,167	0,98	2,72	Falla de molde por mezcla seca
	0,321	0,987	0,324	0,169	0,152	1,953	
12:00	0,64	0,98	0,303	0,202	0,151	2,276	Dificultades para llenado
	0,337	1,03	0,277	0,188	0,152	1,984	
	0,299	1,027	0,313	0,18	0,151	1,97	
	0,309	0,973	0,33	0,185	0,156	1,953	
	0,339	0,988	0,273	0,164	0,55	2,314	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,337	0,964	0,277	0,182	0,154	1,914	
	0,309	0,996	0,295	0,175	0,152	1,927	
	0,337	1,011	0,306	0,197	0,79	2,641	Falla de molde por mezcla seca
	0,306	1,001	0,29	0,186	0,155	1,938	
	0,308	1,033	0,288	0,192	0,64	2,461	Operario desmolda mal el producto
	0,345	0,977	0,315	0,202	0,164	2,003	
	0,312	0,965	0,284	0,163	0,57	2,294	Mezcla seca, se le agregó agua

	0,304	1,02	0,316	0,176	0,164	1,98	
	0,327	0,964	0,304	0,175	0,162	1,932	
	0,347	0,98	0,32	0,172	0,155	1,974	
14:00	0,331	0,99	0,284	0,194	0,162	1,961	
	0,301	0,97	0,319	0,174	0,154	1,918	
	0,335	1,009	0,284	0,155	0,15	1,933	
	0,311	0,974	0,294	0,178	0,159	1,916	
	0,334	0,974	0,296	0,201	0,61	2,415	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,309	1,025	0,285	0,163	0,152	1,934	
	0,331	0,975	0,311	0,183	1	2,8	Falla de molde por mezcla seca
	0,323	1,025	0,303	0,192	0,15	1,993	
	0,326	1,037	0,307	0,179	0,153	2,002	
	0,63	0,965	0,276	0,154	0,153	2,178	Dificultades para llenado
	0,317	0,986	0,29	0,152	0,154	1,899	
15:00	0,348	1,007	0,27	0,153	0,161	1,939	
	0,338	1,041	0,292	0,15	0,151	1,972	
	0,314	1,014	0,3	0,191	0,89	2,709	Falla de molde por mezcla seca
	0,344	0,993	0,304	0,17	0,91	2,721	Falla de molde por mezcla seca
	0,341	0,987	0,325	0,179	0,152	1,984	
	0,318	1,042	0,307	0,19	0,152	2,009	
	0,322	1,033	0,291	0,169	0,165	1,98	
16:00	0,343	0,971	0,281	0,176	0,51	2,281	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,313	0,974	0,284	0,157	0,154	1,882	
	0,336	1,026	0,278	0,19	0,16	1,99	
	0,34	0,965	0,293	0,171	0,155	1,924	
	0,323	1,001	0,27	0,161	0,158	1,913	
	0,314	1,023	0,315	0,157	0,53	2,339	Operario desmolda mal el producto
	0,347	0,979	0,27	0,162	0,15	1,908	
	0,302	1,022	0,326	0,184	0,153	1,987	

	0,317	0,988	0,329	0,187	0,163	1,984	
17:00	0,31	0,974	0,284	0,174	0,15	1,892	
	0,335	0,978	0,304	0,167	0,56	2,344	Operario desmolda mal el producto
	0,309	1,009	0,313	0,177	0,151	1,959	
	0,337	1,027	0,29	0,179	0,93	2,763	Falla de molde por mezcla seca
	0,351	1,018	0,287	0,162	0,15	1,968	
	0,33	1,011	0,328	0,165	1,05	2,884	Falla de molde por mezcla seca

Anexo 09: Medición tiempos 13/05/2015 – Operario: 01

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,332	1,027	0,318	0,189	0,16	2,026	
	0,327	0,995	0,313	0,152	0,159	1,946	
	0,317	0,988	0,298	0,188	0,152	1,943	
	0,313	1,015	0,295	0,175	0,64	2,438	Operario desmolda mal el producto
	0,323	1,014	0,313	0,19	0,164	2,004	
8:00	0,328	1,036	0,319	0,153	0,159	1,995	
	0,335	1,024	0,302	0,183	0,161	2,005	
	0,299	0,971	0,323	0,181	0,156	1,93	
	0,324	0,991	0,298	0,166	0,165	1,944	
9:00	0,33	1,037	0,322	0,181	0,156	2,026	
	0,336	1,011	0,299	0,157	0,155	1,958	
	0,321	1,038	0,309	0,158	0,55	2,376	Operario desmolda mal el producto
	0,33	0,98	0,323	0,199	0,157	1,989	
	0,315	1,013	0,295	0,177	0,154	1,954	
	0,3	1,025	0,284	0,15	0,65	2,409	Operario desmolda mal el producto
	0,349	1,017	0,329	0,161	0,157	2,013	
	0,349	1,014	0,318	0,158	0,16	1,999	
	0,31	1,019	0,299	0,169	0,164	1,961	
10:00	0,312	1,003	0,284	0,188	0,162	1,949	
	0,311	1,029	0,329	0,199	0,15	2,018	
	0,305	1,032	0,31	0,189	0,51	2,346	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,338	0,99	0,295	0,182	0,165	1,97	
	0,32	1,016	0,285	0,154	0,16	1,935	
	0,339	0,983	0,306	0,19	0,158	1,976	

	0,346	0,993	0,31	0,2	0,16	2,009	
	0,3	1,001	0,298	0,2	0,54	2,339	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,314	1,014	0,33	0,166	0,161	1,985	
	0,312	0,994	0,286	0,177	0,157	1,926	
11:00	0,35	0,989	0,296	0,169	0,164	1,968	
	0,303	0,968	0,319	0,184	0,154	1,928	
	0,347	1,004	0,316	0,185	0,158	2,01	
	0,343	0,965	0,296	0,184	0,156	1,944	
	0,306	0,964	0,305	0,188	0,164	1,927	
	0,309	1,028	0,316	0,154	1,03	2,837	Falla de molde por mezcla seca
	0,348	0,979	0,302	0,19	0,162	1,981	
	0,314	1,008	0,329	0,195	0,157	2,003	
	0,32	0,989	0,302	0,182	0,64	2,433	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,312	0,996	0,311	0,202	0,162	1,983	
	0,299	1,005	0,305	0,199	0,151	1,959	
	0,45	1,004	0,299	0,156	0,151	2,06	Dificultades para llenado
	0,307	1,019	0,285	0,191	0,165	1,967	
12:00	0,311	1,001	0,28	0,173	0,162	1,927	
	0,351	1,011	0,286	0,196	0,164	2,008	
	0,314	0,987	0,305	0,168	0,152	1,926	
	0,349	0,986	0,282	0,184	0,153	1,954	
	0,348	0,99	0,285	0,184	0,97	2,777	Falla de molde por mezcla seca
	0,347	1,007	0,282	0,183	0,159	1,978	
	0,299	1,043	0,271	0,18	0,155	1,948	
	0,35	1,025	0,295	0,179	0,89	2,739	Falla de molde por mezcla seca
	0,351	1,028	0,275	0,172	0,163	1,989	
	0,351	1,007	0,27	0,179	0,53	2,337	Operario desmolda mal el producto
	0,34	0,986	0,311	0,151	0,16	1,948	
	0,332	0,974	0,302	0,155	0,55	2,313	Mezcla seca, se le agregó agua

	0,346	0,969	0,295	0,166	0,155	1,931	
	0,321	0,982	0,323	0,188	0,154	1,968	
	0,304	0,981	0,294	0,186	0,152	1,917	
14:00	0,334	1,01	0,303	0,178	0,161	1,986	
	0,345	1,041	0,293	0,191	0,159	2,029	
	0,326	1,001	0,318	0,169	0,154	1,968	
	0,315	0,997	0,283	0,173	0,58	2,348	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,342	1,031	0,306	0,163	0,159	2,001	
	0,335	1,029	0,279	0,156	0,62	2,419	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,302	0,965	0,327	0,17	0,153	1,917	
	0,301	1,016	0,328	0,162	1	2,807	Falla de molde por mezcla seca
	0,336	0,982	0,294	0,155	0,163	1,93	
	0,341	1,042	0,329	0,168	0,164	2,044	
15:00	0,315	1,001	0,277	0,166	0,164	1,923	
	0,321	1,01	0,306	0,165	0,154	1,956	
	0,338	0,988	0,305	0,185	0,88	2,696	Falla de molde por mezcla seca
	0,333	0,967	0,314	0,194	0,7	2,508	Falla de molde por mezcla seca
	0,314	1,017	0,288	0,169	0,164	1,952	
	0,325	0,979	0,301	0,156	0,161	1,922	
	0,34	1,002	0,273	0,192	0,163	1,97	
	0,328	1,001	0,277	0,182	0,151	1,939	
	0,34	1,013	0,278	0,196	0,151	1,978	
16:00	0,338	0,995	0,321	0,171	0,54	2,365	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,312	0,993	0,288	0,184	0,16	1,937	
	0,32	1,026	0,304	0,19	0,162	2,002	
	0,308	1,011	0,3	0,152	0,152	1,923	
	0,3	1,039	0,284	0,192	0,165	1,98	
	0,323	0,966	0,313	0,151	0,55	2,303	Operario desmolda mal el producto
	0,34	1,043	0,286	0,159	0,15	1,978	

	0,322	0,965	0,316	0,193	0,16	1,956	
	0,321	1,034	0,284	0,173	0,16	1,972	
17:00	0,331	1,01	0,285	0,202	0,155	1,983	
	0,328	1,012	0,273	0,166	0,165	1,944	
	0,351	1,011	0,319	0,201	1,02	2,902	Falla de molde por mezcla seca
	0,344	0,982	0,28	0,171	0,15	1,927	
	0,332	1,006	0,33	0,198	0,164	2,03	

Anexo 10: Medición tiempos 14/05/2015 – Operario: 01

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,339	0,989	0,32	0,182	0,165	1,995	
	0,327	0,973	0,287	0,185	0,15	1,922	
	0,337	0,975	0,307	0,174	0,63	2,423	Operario desmolda mal el producto
	0,314	1,034	0,27	0,176	0,154	1,948	
	0,319	0,997	0,283	0,181	0,15	1,93	
8:00	0,339	0,967	0,279	0,172	0,153	1,91	
	0,332	0,98	0,328	0,151	0,161	1,952	
9:00	0,349	1,039	0,313	0,184	0,162	2,047	
	0,329	0,992	0,273	0,157	0,157	1,908	
	0,325	1,02	0,319	0,162	0,51	2,336	Operario desmolda mal el producto
	0,34	0,997	0,28	0,201	0,154	1,972	
	0,313	0,992	0,278	0,189	0,16	1,932	
	0,346	0,988	0,297	0,17	0,62	2,421	Operario desmolda mal el producto
	0,31	1,023	0,305	0,19	0,162	1,99	
	0,305	0,963	0,287	0,202	0,156	1,913	
	0,349	0,989	0,314	0,162	0,165	1,979	
10:00	0,346	1,039	0,296	0,166	0,154	2,001	
	0,319	1,001	0,325	0,197	0,162	2,004	
	0,314	0,989	0,286	0,158	0,51	2,257	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,317	0,99	0,316	0,171	0,161	1,955	
	0,311	1,031	0,308	0,153	0,158	1,961	
	0,323	0,994	0,277	0,156	0,15	1,9	
	0,334	1,013	0,318	0,172	0,165	2,002	
	0,338	1,032	0,289	0,181	0,65	2,49	Mezcla seca, se le agregó agua

	0,3	0,963	0,321	0,198	0,162	1,944	
	0,331	0,978	0,301	0,169	0,158	1,937	
11:00	0,33	1,028	0,271	0,189	0,164	1,982	
	0,333	1,006	0,29	0,151	0,151	1,931	
	0,344	1,004	0,32	0,188	0,165	2,021	
	0,308	1,016	0,27	0,165	1	2,759	Falla de molde por mezcla seca
	0,302	1,033	0,289	0,153	0,164	1,941	
	0,349	0,985	0,306	0,172	0,16	1,972	
	0,34	1,026	0,279	0,152	0,161	1,958	
	0,348	1,01	0,284	0,173	0,153	1,968	
	0,319	1,042	0,323	0,171	0,63	2,485	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,326	1,026	0,308	0,155	0,161	1,976	
	0,309	1,03	0,308	0,163	0,163	1,973	
12:00	0,337	1,037	0,326	0,155	0,161	2,016	
	0,346	0,993	0,294	0,179	0,51	2,322	Operario desmolda mal el producto
	0,328	0,978	0,272	0,199	0,151	1,928	
	0,339	0,993	0,285	0,155	0,16	1,932	
	0,343	0,974	0,283	0,172	0,51	2,282	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,328	1,037	0,304	0,201	0,151	2,021	
	0,343	0,963	0,313	0,156	0,159	1,934	
	0,339	0,972	0,295	0,199	0,98	2,785	Falla de molde por mezcla seca
	0,32	1,004	0,323	0,178	0,161	1,986	
	0,32	0,985	0,274	0,167	0,151	1,897	
	0,336	1,028	0,308	0,197	0,154	2,023	
	0,315	0,985	0,314	0,178	0,64	2,432	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,318	0,969	0,33	0,161	0,16	1,938	
	0,317	1,01	0,3	0,182	0,165	1,974	
	0,5	0,988	0,306	0,181	0,155	2,13	Dificultades para llenado
14:00	0,342	0,993	0,304	0,175	0,165	1,979	
	0,33	0,995	0,28	0,167	0,58	2,352	Operario desmolda mal el producto

	0,312	1,041	0,279	0,17	0,164	1,966	
	0,341	1,022	0,284	0,198	0,155	2	
	0,334	0,972	0,293	0,177	0,61	2,386	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,302	1,022	0,282	0,182	0,165	1,953	
	0,302	0,995	0,32	0,192	0,88	2,689	Falla de molde por mezcla seca
	0,325	1,041	0,301	0,189	0,151	2,007	
	0,341	0,98	0,325	0,154	0,158	1,958	
	0,331	1,002	0,307	0,168	0,165	1,973	
	0,328	0,992	0,31	0,186	0,65	2,466	Mezcla seca, se le agregó agua
15:00	0,316	1,014	0,323	0,182	0,16	1,995	
	0,339	0,99	0,329	0,197	0,15	2,005	
	0,332	0,973	0,313	0,184	1,1	2,902	Falla de molde por mezcla seca
	0,299	1,026	0,292	0,173	0,98	2,77	Falla de molde por mezcla seca
	0,339	0,965	0,326	0,187	0,163	1,98	
	0,322	1,001	0,305	0,163	0,154	1,945	
	0,337	0,972	0,281	0,182	0,55	2,322	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,329	0,979	0,275	0,171	0,152	1,906	
16:00	0,321	1,023	0,283	0,2	0,156	1,983	
	0,315	1,03	0,28	0,188	0,153	1,966	
	0,318	1,013	0,286	0,18	0,15	1,947	
	0,337	0,995	0,311	0,191	0,56	2,394	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,348	1,041	0,315	0,16	0,159	2,023	
	0,302	1,007	0,287	0,188	0,159	1,943	
	0,348	0,974	0,271	0,152	0,165	1,91	
	0,321	1,041	0,298	0,168	0,78	2,608	Falla de molde por mezcla seca
	0,333	1,006	0,303	0,192	0,156	1,99	
	0,341	1,028	0,324	0,166	0,16	2,019	
	0,328	0,967	0,293	0,186	1,5	3,274	Falla de molde por mezcla seca

	0,313	1,038	0,312	0,192	0,164	2,019	
	0,344	0,993	0,274	0,183	0,162	1,956	
17:00	0,333	1,039	0,33	0,189	0,154	2,045	
	0,331	1,036	0,325	0,177	0,64	2,509	Operario desmolda mal el producto
	0,333	0,989	0,311	0,193	0,152	1,978	
	0,341	0,984	0,3	0,189	0,162	1,976	
	0,3	0,985	0,31	0,15	0,61	2,355	Operario desmolda mal el producto

Anexo 11: Medición tiempos 15/05/2015 – Operario: 01

Hora	Tiempo de actividades (en minutos)						Observaciones
	A	B	C	D	E	Total	
7:00	0,348	1,033	0,328	0,177	0,16	2,046	
	0,314	1,014	0,272	0,171	0,157	1,928	
	0,334	0,993	0,33	0,19	0,52	2,367	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,335	0,992	0,293	0,158	0,153	1,931	
	0,307	0,998	0,309	0,202	0,78	2,596	Falla de molde por mezcla seca
8:00	0,308	1,035	0,271	0,2	0,157	1,971	
	0,348	1,022	0,32	0,157	0,15	1,997	
	0,309	1,017	0,302	0,202	0,162	1,992	
	0,337	1,003	0,273	0,185	0,155	1,953	
9:00	0,349	0,993	0,288	0,16	0,157	1,947	
	0,35	0,984	0,294	0,202	0,161	1,991	
	0,321	0,986	0,306	0,183	0,63	2,426	Operario desmolda mal el producto
	0,315	0,997	0,33	0,18	0,165	1,987	
	0,321	0,975	0,309	0,164	0,165	1,934	
	0,337	1,042	0,318	0,166	0,51	2,373	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,324	1,022	0,305	0,185	0,152	1,988	
	0,348	1,021	0,327	0,174	0,164	2,034	
	0,303	1,027	0,286	0,151	0,163	1,93	
10:00	0,327	0,975	0,277	0,195	0,154	1,928	
	0,337	0,986	0,277	0,175	0,151	1,926	
	0,306	1,008	0,323	0,156	0,53	2,323	Operario desmolda mal el producto
	0,304	0,98	0,282	0,163	0,15	1,879	
	0,316	0,98	0,288	0,184	0,15	1,918	
	0,321	0,997	0,282	0,166	0,153	1,919	

	0,328	1,014	0,291	0,202	0,151	1,986	
11:00	0,308	1,01	0,329	0,193	0,64	2,48	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,302	0,997	0,31	0,18	0,154	1,943	
	0,309	1,033	0,291	0,165	0,158	1,956	
	0,312	0,981	0,314	0,168	1,06	2,835	Falla de molde por mezcla seca
	0,346	0,974	0,306	0,18	0,151	1,957	
	0,32	1,029	0,28	0,17	0,152	1,951	
	0,308	0,982	0,312	0,198	0,16	1,96	
	0,326	0,984	0,3	0,167	0,155	1,932	
	0,33	1,029	0,279	0,201	0,53	2,369	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,305	1,027	0,282	0,18	0,155	1,949	
	0,341	0,963	0,311	0,187	0,158	1,96	
	0,65	1,034	0,282	0,201	0,15	2,317	Dificultades para llenado
	0,338	1,03	0,286	0,183	0,152	1,989	
12:00	0,351	0,983	0,323	0,195	0,156	2,008	
	0,351	1	0,272	0,198	0,152	1,973	
	0,321	0,976	0,311	0,156	0,154	1,918	
	0,309	1,015	0,304	0,187	0,62	2,435	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,309	1,001	0,311	0,193	0,15	1,964	
	0,308	0,977	0,293	0,202	0,158	1,938	
	0,319	1,002	0,293	0,155	0,5	2,269	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,339	1,017	0,28	0,183	0,161	1,98	
	0,33	0,985	0,287	0,185	0,55	2,337	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,311	1,007	0,297	0,172	0,163	1,95	
	0,307	1,017	0,274	0,153	0,65	2,401	Operario desmolda mal el producto
	0,344	1,029	0,325	0,158	0,16	2,016	
	0,328	1,029	0,296	0,177	0,159	1,989	
	0,336	1,019	0,326	0,171	0,154	2,006	
14:00	0,336	1,004	0,279	0,172	0,163	1,954	

	0,341	1	0,277	0,155	0,153	1,926	
	0,331	0,964	0,273	0,182	0,158	1,908	
	0,311	1,041	0,328	0,171	0,58	2,431	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,34	1,026	0,284	0,202	0,161	2,013	
	0,344	0,969	0,287	0,195	1	2,795	Falla de molde por mezcla seca
	0,33	1,041	0,329	0,182	0,155	2,037	
	0,341	1,019	0,274	0,171	0,16	1,965	
	0,305	1,023	0,323	0,17	0,154	1,975	
	0,333	1,011	0,273	0,178	0,158	1,953	
15:00	0,308	0,963	0,28	0,198	1	2,749	Falla de molde por mezcla seca
	0,333	1,018	0,289	0,193	0,158	1,991	
	0,314	0,97	0,273	0,157	0,162	1,876	
	0,3	1,005	0,301	0,185	0,9	2,691	Falla de molde por mezcla seca
	0,307	1,021	0,307	0,155	0,152	1,942	
	0,317	0,973	0,301	0,184	0,156	1,931	
	0,32	0,991	0,272	0,152	0,16	1,895	
	0,311	1,011	0,311	0,191	0,162	1,986	
	0,345	1,022	0,33	0,182	0,163	2,042	
16:00	0,345	0,997	0,317	0,202	0,54	2,401	Mezcla seca, se le agregó agua
	0,327	0,97	0,271	0,153	0,15	1,871	
	0,307	1,023	0,316	0,192	0,159	1,997	
	0,351	1,04	0,291	0,187	0,159	2,028	
	0,321	0,986	0,325	0,196	0,155	1,983	
	0,309	1,039	0,277	0,201	0,65	2,476	Operario desmolda mal el producto
	0,322	0,963	0,321	0,169	0,159	1,934	
	0,342	1,024	0,304	0,152	0,15	1,972	
	0,347	1,016	0,321	0,187	0,16	2,031	
	0,314	0,98	0,326	0,15	0,156	1,926	
	0,337	0,963	0,276	0,169	0,155	1,9	

	0,336	1,015	0,303	0,152	0,15	1,956	
	0,33	1,03	0,315	0,17	0,159	2,004	
17:00	0,342	1,042	0,304	0,152	0,161	2,001	
	0,313	0,986	0,328	0,167	0,59	2,384	Operario desmolda mal el producto
	0,31	0,971	0,311	0,186	0,15	1,928	
	0,305	0,98	0,314	0,161	0,159	1,919	