

Instituto Tecnológico Superior de Abasolo

Organismo Público Descentralizado del Gobierno del Estado de Guanajuato.



Análisis y propuesta de mejora en el proceso productivo de ladrillo en ambiente ladrillero de Abasolo, Gto.

Tesis profesional para obtener el título de:
Ingeniero Industrial

Presenta(n):
Martínez García Daniela
Ramírez Vargas América Citlaly

Director de Tesis:
DCTA. Torres Chávez Isabel del Carmen



Autorización de presentación de trabajo de titulación

Se autoriza al estudiante **Martínez García Daniela** inscrito en la Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, con número de control **AS18110540** a defender su proyecto de trabajo de titulación “**Análisis y propuesta de mejora en el proceso productivo de ladrillo en ambiente ladrillero de Abasolo, Gto.**” ante el comité sinodal asignado.

La presente se expide en Abasolo Guanajuato al 30 de septiembre de 2022.

DCTA. Isabel del Carmen Torres Chávez
(Presidente del sínodo)

M.A. Areli Mosqueda Negrete
(Secretario del sínodo)

M.I.I. María del Carmen
Saavedra Martínez
(Vocal del sínodo)



Autorización de presentación de trabajo de titulación

Se autoriza al estudiante **Ramírez Vargas América Citlaly** inscrito en la Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico Superior de Abasolo, con número de control **AS18110494** a defender su proyecto de trabajo de titulación “**Análisis y propuesta de mejora en el proceso productivo de ladrillo en ambiente ladrillero de Abasolo, Gto.**” ante el comité sinodal asignado.

La presente se expide en Abasolo Guanajuato al 30 de septiembre de 2022.

DCTA. Isabel del Carmen Torres Chávez
(Presidente del sínodo)

M.A. Areli Negrete Mosqueda
(Secretario del sínodo)

M.I.I. María del Carmen
Saavedra Martínez
(Vocal del sínodo)

Dedicatoria

A Dios porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar, por brindarme todas y cada una de estas oportunidades, por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mí, dándome ejemplo de superación, humildad y sacrificio; enseñándome a valorar todo lo que tengo, llena de regocijo, de amor y esperanza, dedico este proyecto, a cada uno de mis seres queridos, quienes han sido una pieza fundamental para seguir adelante.

A mis padres Rosa García Varela y José Rosalio Martínez Arriaga por haberme forjado como la persona que soy hasta el día de hoy, por ser el motor que ha impulsado mi carrera, reconociendo que mis logros son gracias a ustedes incluyendo esté; me formaron con reglas y valores, pero al fin de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Dedico todo mi esfuerzo, en reconocimiento a todo el sacrificio durante todos mis años de vida, velando siempre por mi bienestar y mi educación.

A mis hermanos que de una u otra forma siempre estuvieron presentes en cada momento importante de mi vida de principio a fin, por su predisposición a ayudarme y escucharme siempre que lo necesito, son la razón de sentirme orgullosa de culminar mi meta, gracias a ellos por confiar siempre en mí.

A mis sobrinos que por medio de su alegría me animaron y motivaron a seguir adelante, espero que en un futuro el presente los impulse a cumplir sus metas.

A todos ellos dedico este trabajo porque han forjado en mí, el deseo de superación y de triunfo en la vida. Lo que ha contribuido a la consecución de este logro. Espero contar siempre con su valioso e incondicional apoyo.

-Martínez García Daniela.

Dedicatoria

Todo esfuerzo y sacrificio viene cargado de un sinfín de recompensas, pero mientras estas llegan, se atraviesan una serie de momentos donde a veces la única salida que encuentras es renunciar a todo sin importar nada. Para mi suerte, las veces que me encontraba parada en este punto nunca estuve sola y siempre hubo alguien que me ayudo a continuar.

Es por esto que dedico el presente trabajo a toda mi familia, pero especialmente a mis hermanos, Ángela Itzel Ramírez Vargas quién es y será siempre mi principal motor, la única persona que permanecerá a mi lado, aunque todos se hayan ido y justo en ese momento se quedará para enseñarme que la vida también es todo eso que, a veces con miedo, decides empezar. A mi hermano, Bryan Jesús Vargas Guzmán que gracias a su valentía, carácter y fuerza eh aprendido que no existe algún pretexto realmente valido para renunciar y solo me ha dado motivos para permanecer en aquello que en algún momento desee dejar.

A mis padres, Guillermina Vargas Guzmán y Miguel Ángel Ramírez, los pilares y piezas fundamentales del rompecabezas de mi vida, las personas encargadas de enseñarme tanto, incluso que la tarea más grande se puede lograr si se da un paso a la vez. Papás, siéntanse orgullosos porque este logró alcanzado, ¡es suyo!

Y a mi tía, María Teresa Vargas Guzmán, quién el día de hoy ya no está físicamente conmigo pero que permanecerá eternamente en mi corazón y espero que en donde sea que esté, se encuentre muy orgullosa porque muchos de mis aprendizajes adquiridos fueron gracias a ella y a su admirable persona.

-Ramírez Vargas América Citlaly.

Agradecimientos

A Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida brindándome paciencia y sabiduría para culminar mis metas propuestas.

Dicen que la mejor herencia que nos pueden dejar los padres son los estudios es por ello que agradezco a los principales pilares de mi vida Rosa García Varela y José Rosalio Martínez Arriaga, por permitirme y ayudarme a culminar mis estudios, quienes me han impulsado a seguir adelante y siempre ir tras mis sueños hasta lograrlos, sin ellos jamás hubiera podido llegar hasta este punto.

A mis hermanos, por ser mi compañía, mi apoyo y mi fuerza, por llenarme de alegrías día tras día, por todos los consejos brindados a lo largo de mi carrera, han sido un apoyo fundamental para lograr los objetivos propuestos.

A mi compañera de tesis por todos los buenos momentos que hemos pasado juntas, las aventuras a lo largo del proceso, por todo el apoyo y la paciencia brindada, pero sobre todo gracias por no desistir en los momentos de frustración.

Agradezco la oportunidad de haber conocido el arduo trabajo del sector ladrillero, en especial al grupo de personas del horno tomado en cuenta de Abasolo Gto, a quienes retribuyo todo el apoyo y disponibilidad que sin ellos no hubiera sido posible este proyecto. Al Sr. Juan Vega quien nos brindó el soporte y la confianza de poder acudir al horno cuantas veces fuese necesario hasta el término del mismo.

A mi asesora la Dcta. Isabel del Carmen Torres Chávez y coasesora Ing. Areli Mosqueda Negrete, por todo el apoyo brindado no solo en este proyecto si no a lo largo de la carrera profesional, gracias por su tiempo, esfuerzo y confianza.

Finalmente, pero no menos importante a cada maestro que fue parte de mi formación, a quienes debo mis conocimientos y mi preparación no solo profesional sino personal, queda como recuerdo y prueba viviente, esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de nuevas generaciones.

A todos ustedes ¡Gracias!

-Martínez García Daniela.

Agradecimientos

A mi asesora de tesis la Dcta. Isabel del Carmen Torres Chávez, quién formo parte importante en mi paso por la universidad con sus valiosos conocimientos y constancia, la persona encargada de recordarme que cuento con un gran potencial y siempre me alentó a seguir adelante.

A la Ing. Areli Negrete Mosqueda que trabajo a la par con mi asesora y depositó en mi la confianza suficiente para llegar a culminar no solo este proyecto, si no mi carrera universitaria.

Al sector ladrillero, específicamente a las personas que conforman el horno a cargo del señor Juan Vega, sin ellos y su apoyo incondicional la ejecución del presente no hubiera sido posible.

A Daniela Martínez García, por no solo ser mi compañera de tesis sino una gran amiga, no tengo palabras para agradecer el hecho de que hayas decidido compartir conmigo un sinfín de aventuras y algo tan importante como la realización de este proyecto. Tu apoyo, motivación y paciencia formaron parte importante del gran equipo que llegamos a construir.

A mis padres, quienes a lo largo de toda mi vida me han apoyado, su tenacidad y lucha interminable han hecho de ellos un gran ejemplo a seguir por mí y sin ellos jamás hubiera podido conseguir lo que hasta ahora.

A mis hermanos y familia por estar conmigo en todo momento, agradezco cada gesto, aprendizaje y apoyo tanto sentimental como monetario, la mayoría de las veces fueron ese escalón que necesitaba para poder llegar a la cima.

A todos mis profesores que participaron en mi formación académica, gracias por ser los encargados de constituir mentes brillantes y enseñarme que el secreto no es caer, sino levantarse con más fuerzas.

A Dios, quién estuvo y está caminando siempre a mi lado llenándome de fortaleza y sabiduría para enfrentar cualquier tipo de situación.

Y finalmente, infinitas gracias, a todas las maravillosas personas que recorrieron conmigo este camino hacia una de mis más grandes metas, ser Ingeniero Industrial.

-Ramírez Vargas América Citlaly.

Resumen

Abasolo, Guanajuato, es uno de los municipios con mayor cantidad de hornos ladrilleros registrados en el estado de Guanajuato, contando un total de 270 hornos (Gonzalez, 2017), cabe destacar que esta actividad económica es una de las más importantes y tradicionales dentro del municipio, se encontraron datos estadísticos que arrojan que 639 personas residentes de Abasolo dependen económicamente de la actividad en cuestión (Diagnóstico integral sobre el sector ladrillero en Guanajuato., 2013). Por tal motivo se decidió analizar a profundidad este proceso.

En la presente tesis se plantea un análisis y una propuesta de mejora para brindar la prioridad necesaria a la salud ocupacional dentro del sector ladrillero, donde se puede apreciar el desarrollo desde la distribución dentro del horno y los tiempos que tardan en ejecutar cada una de las etapas del proceso, los movimientos que realiza cada una de las manos y el desarrollo de métodos que evalúan las posturas y las cargas que realiza el trabajador al ejecutar dichas tareas. Y finalmente se conoce la eficiencia de dicho trabajador en su área de trabajo.

El desarrollo del proyecto se plantea a continuación. En el primer capítulo se describen las generalidades del proyecto, haciendo énfasis en proponer una mejora en el proceso productivo del ladrillo. Además, se plantea la problemática, se establece el objetivo general, los objetivos específicos del proyecto, la hipótesis, así como la justificación. El segundo capítulo se refiere al marco teórico que contiene información referente al tema y las diferentes metodologías a utilizar.

En el tercer capítulo se presentan los métodos empleados para evaluar y desarrollar el presente proyecto. En el cuarto capítulo se exponen los diferentes resultados que se tienen de los métodos empleados, así como la propuesta de mejora. Las conclusiones se presentan en el quinto capítulo.

Palabras Clave: Proceso productivo artesanal, ladrillo artesanal, estudio de tiempos y movimientos, ergonomía, propuesta de mejora, método OWAS, método NIOSH, eficiencia.

Abstract

Abasolo, Gto. is one of the cities with the largest number of brick kilns registered in the state of Guanajuato, counting a total of 270 kilns (Gonzalez, 2017), it should be noted that this economic activity is one of the most important and traditional in the area, statistical data shows that 639 residents of Abasolo depend economically on this activity (Integral diagnosis on the brick sector in Guanajuato., 2013). For this reason, it was decided to analyze this process in depth.

In this thesis an analysis and a proposal for improvement is proposed to provide the necessary priority to occupational health within the brick sector, where the development from the distribution inside of the kiln, as well as the times it takes to execute each of the stages of the all process can be appreciated. Also the movements made by each of the hands and the development of methods that evaluate the postures and the loads performed by the worker when performing these tasks are tested and finally, the efficiency of such a worker in his work area is calculated.

The development of the project is proposed below, in the first chapter, the generalities of the project are described, emphasizing an improvement in the brick production process. The second chapter refers to the theoretical framework that contains information regarding the subject and the different methodologies to be used. The third chapter presents the methods used to evaluate and develop this project. The fourth chapter presents the different results of the methods used, as well as the proposal for improvement. Conclusions are presented in the fifth chapter.

Key words: Artisanal production process, artisanal brick, study of times and movements, ergonomics, improvement proposal, OWAS method, NIOSH method, efficiency

Índice

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO	1
1.1. JUSTIFICACIÓN	2
1.2. HIPÓTESIS	3
1.3. OBJETIVOS	4
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	5
2.1 DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y RELACIÓN CON LA SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO	6
2.1.1. ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO	7
2.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE RECORRIDO	8
2.3 ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS	8
2.3.1 DIAGRAMA BIMANUAL.....	9
2.4 ERGONOMÍA	10
2.4.1 MÉTODO DE OWAS	10
2.4.2 MÉTODO DE NIOSH.....	18
2.5 LA MEDICIÓN DEL TRABAJO COMO FACTOR DE EFICIENCIA	19
2.6 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS	20
2.7 CONDICIONES DE TRABAJO	20
2.8 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROCESO DE LADRILLO.	25
2.8.1 CONCEPTO Y FUNCIÓN DE UNA LADRILLERA	25
2.8.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN LADRILLO	26
2.9 ANTECEDENTES DE LA PRODUCCION DE LADRILLO ARTESANAL.....	27
2.9.1 LADRILLERAS COMO ACTIVIDAD ECONÓMICA EN MÉXICO	29
2.9.2 LA POBLACIÓN COMO DEPENDIENTE ECONÓMICO DE LA ACTIVIDAD LADRILLERA.....	30
CAPITULO III. DESARROLLO O METODOLOGÍA	¡Error! Marcador no definido.
3.1. ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES / DIAGRAMA DE RECORRIDO	33
3.2. ESTUDIO DE TIEMPOS.....	49
3.3. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS	51
3.4. MÉTODO DE ERGONOMIA OWAS.....	52
3.5. METODO DE ERGONOMIA NIOSH.....	54
3.6. INDICADOR DE EFICIENCIA.....	60
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	¡Error! Marcador no definido.

4.1. DIAGRAMAS DE RECORRIDO PARA CONOCER AREAS	62
4.2. ESTUDIO DE TIEMPO DE ACTIVIDADES DEL PROCESO.....	84
4.3. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS DE ACTIVIDADES DEL PROCESO	92
4.4. ANÁLISIS MÉTODO OWAS	107
4.5. ANÁLISIS MÉTODO NIOSH	116
4.6. INDICADOR DE EFICIENCIA	125
4.7. PROPUESTAS DE MEJORA EN LA PRODUCCIÓN DE LADRILLO	127
CAPITULO V. CONCLUSIÓN	134
REFERENCIAS	138
ANEXOS	140
Anexo 1.Entrevista.....	140
Anexo 2. Lecturas de las actividades del proceso de produccion de ladrillo.	144
Anexo 3.Tabla de suplementos.	147
Anexo 4. Simbología del Diagrama Bimanual. Fuente: (Criollo, 2005)	148
Anexo 5 .Formato del Diagrama Bimanual. Fuente: Elaboración Propia	149

Índice de tablas

CAPITULO II. MARCO TEORICO	5
Tabla 1. Categoría de riesgos por códigos de postura.....	17
Tabla 2. Categorías de Riesgo de las posiciones según su frecuencia relativa.....	18
Tabla 3. Dependientes Económicos Municipales.....	31
CAPITULO III. DESARROLLO O METODOLOGÍA	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 4. Información del trabajador.....	35
Tabla 5. Información del ladrillo.....	36
Tabla 6. Insumos utilizados para el proceso de elaboración de ladrillo.....	36
Tabla 7. Herramientas utilizadas en el proceso de elaboración de ladrillo.....	38
Tabla 8. Formato para estudio de tiempos.....	50
Tabla 9. Formato para el método OWAS.....	53
Tabla 10. Cálculo del factor de frecuencia	56
Tabla 11. Cálculo de la duración de la tarea.....	56
Tabla 12. Obtención del FM.....	57
Tabla 13. Cálculo del factor de agarre.....	58
Tabla 14. Obtención del CM.....	59
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 15. Observaciones preliminares parte 1 (preparación del lodo).....	84
Tabla 16. Observaciones preliminares parte 2 (tendido, raspado y atrincherado)....	84
Tabla 17. Observaciones preliminares parte 3 (carga del horno).....	85
Tabla 18. Observaciones preliminares parte 4 (carga de la leña).....	85
Tabla 19. Observaciones preliminares parte 5 (descarga del horno al camión).....	85
Tabla 20. Total, de tomas de tiempo parte 1 (preparación del lodo).....	86
Tabla 21. Total, de tomas de tiempo parte 2 (tendido, raspado y atrincherado)	86
Tabla 22. Total, de tomas de tiempo parte 3 (carga del horno).....	86
Tabla 23. Total, de tomas de tiempo parte 4 (carga de la leña).....	87
Tabla 24. Total, de tomas de tiempos parte 5 (descarga del horno al camión).....	87
Tabla 25. Duración de la preparación del lodo.....	89

Tabla 26. Duración del tendido del ladrillo.	89
Tabla 27. Duración del raspado del ladrillo.	89
Tabla 28. Duración del atrincherado de ladrillo.	90
Tabla 29. Duración de la carga de ladrillo al horno.	90
Tabla 30. Duración de la carga de la leña.	91
Tabla 31. Duración de la descarga del horno al camión.	91
Tabla 32. Asignación del código postura del transporte del tendido	108
Tabla 33. Categoría de riesgos por códigos del transporte del tendido.	108
Tabla 34. Asignación del código de postura del raspado del ladrillo.	109
Tabla 35. Categoría de riesgos por códigos del raspado.	109
Tabla 36. Asignación del código postura del atrincherado del ladrillo.	110
Tabla 37. Categoría de riesgos por códigos del atrincherado.	110
Tabla 38. Asignación del código de postura de la carga del ladrillo	111
Tabla 39. Categoría de riesgos por códigos de la carga al horno.	111
Tabla 40. Asignación del código de postura de la descarga del ladrillo	112
Tabla 41. Categoría de riesgos por códigos de la descarga al horno.	112
Tabla 42. Asignación del código de postura de la descarga al camión (interior).	113
Tabla 43. Categoría de riesgos por códigos de la descarga al camión (interior).	113
Tabla 44. Asignación del código de postura de la descarga al camión (exterior).	114
Tabla 45. Categoría de riesgos por códigos de la descarga al camión (exterior).	114
Tabla 46. Resultados de la asignación de códigos.	115
Tabla 47. Cálculo de factores para carga de agua.	117
Tabla 48. Cálculo de factores de carga para el ladrillo crudo.	121
Tabla 49. Cálculo de factores de carga para el ladrillo crudo.	123
Tabla 50. Eficiencia de la productividad laboral.	126
Tabla 51. Resultados de tiempos ante la propuesta de mejora.	127
Tabla 52. EPP (Bota de seguridad).	131
Tabla 53. EPP (Faja).	132
Tabla 54. EPP (Guantes).	133
Tabla 55. EPP (Gafas).	134

Índice de figuras

CAPITULO II: MARCO TEORICO	5
Ilustración 1. Formato de ejemplo de diagrama bimanual	9
Ilustración 2. Codificación de la posición de la espalda.	13
Ilustración 3. Codificación de la posición de los brazos.	14
Ilustración 4. Codificación de las posiciones de las piernas.	15
Ilustración 5. Codificación de la carga y fuerza soportada.	16
Ilustración 6. Categorías de riesgo y acciones correctivas.	16
Ilustración 7. Medición del trabajo	20
<i>Ilustración 8. Etapas del proceso de elaboración del ladrillo.</i>	<i>27</i>
Ilustración 9. Número de ladrilleras por entidad federativa..	30
CAPITULO III. DESARROLLO O METODOLOGÍA	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 10 Árbol de medios y fines.....	34
Ilustración 11. Preparación y mezclado de Materia Prima..	41
Ilustración 12. Preparación y mezclado de Materia Prima.	41
Ilustración 13. Transporte de mezcla.	42
Ilustración 14. Tendido y alisado del tabique.....	42
Ilustración 15. Enjuague de tabiquera.	43
Ilustración 16. Raspado y atrincherado del tabique.....	44
Ilustración 17. Carga y transporte del ladrillo al horno.	44
Ilustración 18. Descarga del ladrillo al horno.....	45
Ilustración 19. Transporte de leña y descarga de leña.....	45
Ilustración 20. Quema de ladrillo.....	46
Ilustración 21. Descarga del ladrillo a camión de carga..	46
Ilustración 22. Layout completo.....	47
Ilustración 23. Layout del área a estudiar.....	48
Ilustración 24. Ejemplos de los tipos de agarre.	58
Ilustración 25. Tipo de Agarre.	59
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 26. Diagrama de recorrido de la preparación de la mezcla (parte I).	64

Ilustración 27. Diagrama de recorrido de la preparación de la mezcla (parte II).	66
Ilustración 28. Diagrama de recorrido del tendido del ladrillo.	68
Ilustración 29. Diagrama de recorrido del raspado del ladrillo.	70
Ilustración 30. Diagrama de recorrido del atrincherado del ladrillo.	73
Ilustración 31. Diagrama de recorrido de la carga y descarga de ladrillo.	78
Ilustración 32. Diagrama de recorrido de la carga de la leña.	80
Ilustración 33. Diagrama de recorrido de la descarga del ladrillo al camión.	82
Ilustración 34. Diagrama Bimanual del tendido (Enharinado del lugar).	94
Ilustración 35 Diagrama bimanual del tendido (Transporte de MP) parte I.	95
Ilustración 36 Diagrama bimanual del tendido (Transporte de MP) parte II.	96
Ilustración 37 Diagrama bimanual del tendido, alisado y secado del ladrillo.	97
Ilustración 38 Diagrama bimanual del tendido (Enjuague de molde)	98
Ilustración 39 Diagrama bimanual del raspado de ladrillo	99
Ilustración 40 Diagrama bimanual del atrincherado de ladrillo	100
Ilustración 41 Diagrama bimanual (Transporte de la carga).	101
Ilustración 42 Diagrama bimanual de la carga al horno	102
Ilustración 43 Diagrama bimanual del transporte para la descarga del ladrillo	103
Ilustración 44 Diagrama bimanual de la descarga de ladrillo	104
Ilustración 45 Diagrama bimanual de la descarga al camión (Interior)	105
Ilustración 46 Diagrama bimanual de la descarga al camión (Exterior).	106
Ilustración 47. Categorías de riesgo y acciones correctivas.	115
Ilustración 48. Carga de agua.	117
Ilustración 49. Medidas de la caretila.	119
Ilustración 50. Carga de ladrillo crudo.	121
Ilustración 51. Carga de leña.	123
Ilustración 52. Capacidad de ladrillos en layout.	125
Ilustración 53. Layout actual.	128
Ilustración 54. Layout Propuesto.	128

Símbolos y/o abreviaturas

A	Ángulo de Asimetría
AM	Factor de Asimetría
CM	Factor de Agarre
DM	Factor de desplazamiento vertical
H	Distancia horizontal
HM	Factor de distancia horizontal
Kfg	Kilogramo-Fuerza
LI	Índice de levantamiento
N	Newton
RWL	Recommended Weight Limit (Peso Máximo Recomendado)
SLP	Systematic Layout Planning
TGBH	Temperatura °F (Grados Fahrenheit)
TMB	Metabolismo Basal
W	Consumo de energía al trabajador
V	Distancia Vertical
VM	Factor de distancia vertical

Glosario

Ángulo de asimetría: Indicador de la torsión de tronco del trabajador durante el levantamiento, tanto en el origen como en el destino del levantamiento.

Asimiento: Agarrar o atrapar algún objeto, gesto con la mano.

Ciclo de trabajo: Es la sucesión de elementos necesarios para efectuar una tarea u obtener una unidad de producción.

Elemento: Es la parte delimitada de una tarea definida que se selecciona para facilitar la observación, medición y análisis.

Indicador: Son medios, instrumentos o mecanismos para evaluar hasta qué punto o en qué medida se están logrando los objetivos estratégicos.

Metabolismo Basal: El gasto metabólico basal o el metabolismo basal es la cantidad de energía necesaria para mantener los procesos vitales estando en reposo, después de 12 horas de ayuno y a una temperatura neutra.

Metodología SLP: O la planeación sistemática de la distribución en planta es una herramienta que permite una utilización eficiente de los recursos, organización de las áreas de trabajo.

Peligro: Fuente, situación o acto con potencial para causar daño en términos de daño humano o deterioro de la salud, o una combinación de estos.

Riesgo: Es la probabilidad de que una amenaza se convierta en un desastre. La vulnerabilidad o las amenazas por separado no representan un peligro. Pero si se juntan, se convierten en un riesgo, es decir en la probabilidad de que ocurra un desastre.

Subsidio: Ayuda económica que una persona o entidad recibe de un organismo oficial para satisfacer una necesidad determinada.

Suplementos: Es el margen de tiempo que se añade al tiempo básico (Tiempo normal) para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones y para que pueda atender a sus necesidades personales.

Trabajador calificado: Es aquel que tiene la experiencia, los conocimientos y otras cualidades necesarias para efectuar el trabajo en curso según normas satisfactorias de seguridad, cantidad y calidad.

INTRODUCCIÓN

El horno ladrillero es el lugar encargado de producir tabique artesanal. El horno utilizado para el estudio y análisis del presente trabajo cuenta con una línea de producción que como tal no tiene días ni horarios establecidos de trabajo, cuenta con aproximadamente 4 trabajadores de los cuales el análisis está enfocado a un solo trabajador, Rigoberto Vázquez. Este lugar es encargado de producir ladrillo rojo, el común que todos conocemos, y que cuenta con las siguientes dimensiones 7x14x28 cm, es importante mencionar que años atrás también producían teja de barro y baldosas en este lugar, pero conforme el tiempo fue pasando el encargado del horno, el señor Juan Vega, identificó que el tabique sería el único producto que prevalecería en el mercado.

Actualmente, se sabe que la actividad en cuestión es fuente de ingresos que impulsa a diversas familias de la comunidad de Abasolo, pero al mismo tiempo este trabajo genera riesgo físico para el trabajador y la mayoría de las actividades en las que ejecutan cada una de las etapas del proceso son incómodas, pesadas y con una posición no favorable lo que ocasiona que la calidad de vida del mismo se deteriore más fácilmente en comparación con actividades realizadas en otros sectores.

El presente trabajo va totalmente dirigido al sector ladrillero con la finalidad de proponer una mejora en el proceso de producción de ladrillo esperando que al finalizar se consigan una serie de beneficios brindados a los principales actores de esta rama productiva, los trabajadores. Y al mismo tiempo, ayudar de alguna manera a la mancha urbana ya que se identificó que, aunque la población no se vea directamente familiarizada con el proceso de ladrillo, esta actividad repercute en ellos hablando específicamente en cuanto a la contaminación del aire y las emisiones de dióxido de carbono.

En el desarrollo del presente trabajo se realiza el análisis de las condiciones actuales del horno seleccionado y la evaluación del proceso de producción, recopilando toda aquella información necesaria para obtener resultados que permitan priorizar la salud ocupacional dentro de este sector de trabajo.

CAPITULO I. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1. JUSTIFICACIÓN

A partir de la consecución del proyecto que establece el convenio de colaboración del cuerpo académico “Ciencias ambientales e innovación agroindustrial”, se propuso la vinculación de estudiantes de ingeniería industrial para el presente proyecto el cual tiene como nombre: “Análisis y propuesta de mejora en el proceso productivo de ladrillo en ambiente ladrillero de Abasolo, Gto.”

Abasolo, nombre actual de este municipio, proviene del purépecha “Cuitzeo” que significa: Lugar de Zorrillos. Este municipio se localiza al sureste del estado de Guanajuato, en la región geográfica y cultural conocida como el bajío.

Según estudios realizados en el 2013, con recursos del FOAM (Fondo para el mejoramiento y descentralización ambiental del Estado de Guanajuato) y en colaboración con el Instituto Tecnológico de León, Instituto Nacional de Ecología, COMIMSA y SWISSCONTACT se realizó un análisis integral sobre la situación ladrillera en el estado de Guanajuato donde arroja que existen 1400 hornos de los cuales 367 pertenecen al municipio de Abasolo, así mismo en datos más actuales se encontró que 270 hornos son los que están registrados hasta el momento (Gonzalez, 2017). Por tal motivo, dicho proyecto va dirigido a trabajadores del sector ladrillero, de los cuales el 97% corresponden a hombres y el 3% restante a niños y mujeres.

El horno seleccionado para el análisis del presente se encuentra ubicado en calle Tacubaya #361 colonia Vicente Guerrero, C.P. 36970 de Abasolo, Gto. En donde se identificaron una serie de riesgos laborales, por ejemplo, el trabajador cumple su jornada laboral sin zapatos, además, la posición en la que este proceso se lleva a cabo no es del todo favorable. No cuentan con una cantidad necesaria de herramientas para cada trabajador y entre ellos se facilitan las mismas lo que ocasiona tiempo muerto, el trabajador necesita buscar e ir por la herramienta a otra estación de trabajo. Por otra parte, en la mayoría de las etapas del proceso es imprescindible cargar bastante peso y recorrer distancias largas para poder llegar al punto indicado.

Entonces aterrizando todo lo anteriormente mencionado con respecto a los peligros a los que son expuestos los trabajadores se identificó que, dentro de este sector, la salud

ocupacional no es un aspecto al cual se le dé prioridad, la OIT y la OMS definen a la salud ocupacional como la promoción y mantenimiento del mayor grado de bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones mediante la prevención de las desviaciones de la salud.

Aunado a lo anterior, se estará desarrollando un estudio de tiempos y movimientos, además de un estudio ergonómico donde se pretende encontrar aquellas actividades dentro del proceso que generen más impacto en el trabajador y de esta manera prevenir todos aquellos riesgos o consecuencias que puedan generar ya que es importante recordar que el trabajador promedio pasa alrededor de dos tercios de su vida en el trabajo y aunque el trabajo es una fuente muy importante de ingresos es también un elemento fundamental de salud sobre todo dentro del sector ladrillero.

1.2. HIPÓTESIS

El análisis realizado en el ambiente ladrillero ubicado en Abasolo, Gto., permitirá proponer una mejora en el proceso que garantice la salud ocupacional y un aumento en la productividad del 20% respecto al análisis actual.

1.3. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar el proceso de producción de ladrillo mediante la aplicación de un estudio de métodos y un análisis ergonómico, logrando así, promover la salud ocupacional dentro del sector ladrillero.

Objetivos Específicos

1. Identificar la situación actual del ambiente ladrillero mediante el uso de un árbol de medios y fines así como un diagrama de recorrido del proceso para conocer el problema principal al igual que la distribución del área de trabajo, respectivamente.
2. Analizar cualquier operación manual a través de un estudio de tiempos para identificar la duración que conlleva cada actividad del proceso.
3. Realizar un diagrama bimanual para estudiar las operaciones repetitivas en cada elemento por separado y en relación con las demás para identificar solo los movimientos necesarios.
4. Desarrollar el método OWAS para evaluar los procesos de fabricación de ladrillo donde se efectúan cargas menores identificando algunas mejoras para reducir los riesgos que sufre el trabajador al ejecutarlas.
5. Ejecutar el método NIOSH para evaluar los procesos de fabricación de ladrillo donde se efectúan cargas excesivas, logrando así, evitar o reducir el riesgo al sistema músculo esquelético que sufre el trabajador.
6. Aplicar el indicador de eficiencia para conocer la capacidad con la que cuenta el trabajador a lo largo del proceso de producción de ladrillo y del mismo modo conocer la influencia de las condiciones de trabajo con respecto a la productividad.
7. Desarrollar la propuesta de mejora en el proceso de producción de ladrillo a través del análisis de los resultados obtenidos .

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 DESARROLLO DEL ESTUDIO DE TIEMPOS Y RELACIÓN CON LA SIMPLIFICACIÓN DEL TRABAJO

Frederick W. Taylor introdujo, en 1881, las bases del sistema actual de la medición del trabajo a través del análisis científico de cada una de las operaciones que integran un trabajo, con el objeto de encontrar la manera más económica de ejecutarlo.

Antes de hacer el estudio de tiempos se procede a analizar los movimientos empleados en la ejecución de una tarea, con el objetivo de eliminar aquellos que fueran innecesarios y ordenar los útiles, para así obtener la eficiencia máxima. Con el fin de simplificar el trabajo se puede hacer un análisis del mismo, que conduce a las siguientes conclusiones:

1. Eliminar todo trabajo innecesario
2. Combinar las operaciones y sus elementos
3. Cambiar la secuencia de operaciones
4. Simplificar las operaciones

Como ayuda para llevar a cabo este análisis, así como para simplificar el método, se dispone de varios diagramas, tales como los de proceso de operación, proceso de flujo, el operador y su máquina y el bimanual.

El objetivo de la aplicación de la medición del trabajo es determinar un tiempo estándar, o sea, medir la cantidad de trabajo humano necesario para producir un artículo en términos de un tipo o patrón que es el tiempo.

El tiempo estándar es el patrón que mide el tiempo requerido para terminar una unidad de trabajo, mediante el empleo de un método y equipo estándar, por un trabajo que posee la habilidad requerida, que desarrolla una velocidad normal que pueda mantener día tras día, sin mostrar síntomas de fatiga.

2.1.1. ESTUDIO DE TIEMPOS CON CRONÓMETRO

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, con base en un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Un estudio de tiempos con cronometro se lleva a cabo cuando:

- a) Se va a ejecutar una nueva operación, actividad o tarea
- b) Se presentan quejas de los trabajadores o de sus representantes sobre el tiempo que insume una operación.
- c) Surgen demoras causadas por una operación lenta, que ocasiona retrasos en las demás operaciones.
- d) Se pretende fijar los tiempos estándar de un sistema de incentivos.
- e) Se detectan bajos rendimientos o excesivos tiempos muertos de alguna maquina o grupo de máquinas.,

Pasos básicos para su realización:

I. Preparación

- Selección de la operación
- Selección del trabajador
- Actitud frente al trabajador
- Análisis de comprobación del método de trabajo.

II. Ejecución

- Obtener y registrar la información
- Descomponer la tarea en elementos
- Cronometrar
- Calcular el tiempo observado.

III. Valoración

- Ritmo normal del trabajador promedio
- Técnicas de valoración
- Cálculo del tiempo base o valorado

IV. Suplementos

- Análisis de demoras´

- Estudio de fatiga
- Cálculo de suplementos y sus tolerancias

V. Tiempo estándar

- Error de tiempo estándar
- Cálculo de frecuencia de los elementos
- Determinación de tiempos de interferencia
- Cálculo de tiempo estándar.

Otra definición abordada desde la perspectiva de un autor diferente se plantea que el estudio de tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas, y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma o ejecución preestablecida.

2.2 DIAGRAMA DE PROCESO DE RECORRIDO

Se utiliza para complementar el análisis del proceso. Se elabora con base en un plano a escala de la fábrica, en donde se indican las máquinas y demás instalaciones fijas, sobre este plano se dibuja la circulación del proceso, utilizando los mismos símbolos empleados en el diagrama de proceso.

2.3 ANÁLISIS DE MOVIMIENTOS

El análisis de movimientos es el estudio de todos y cada uno de los movimientos de cualquier parte del cuerpo humano para poder realizar un trabajo en la forma más eficiente.

Para lograr este propósito es preciso dividir un trabajo en todos sus elementos básicos y analizar cada uno de ellos tratando de eliminar o, si esto no es posible, de simplificar sus movimientos. En otras palabras, se trata de buscar un método de trabajo que sea más fácil y económico. Para llevar a cabo este análisis se dispone de las siguientes

técnicas: el diagrama bimanual de trabajo, el análisis de movimientos básicos y los principios de la economía de movimientos.

2.3.1 DIAGRAMA BIMANUAL

Este diagrama, véase en ilustración 1, muestra todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha y la relación que existe entre ellos. El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas, en cuyo 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 procesos, pero se les atribuye un sentido ligeramente distinto para que abarquen más detalles, tal como se aprecia a continuación:

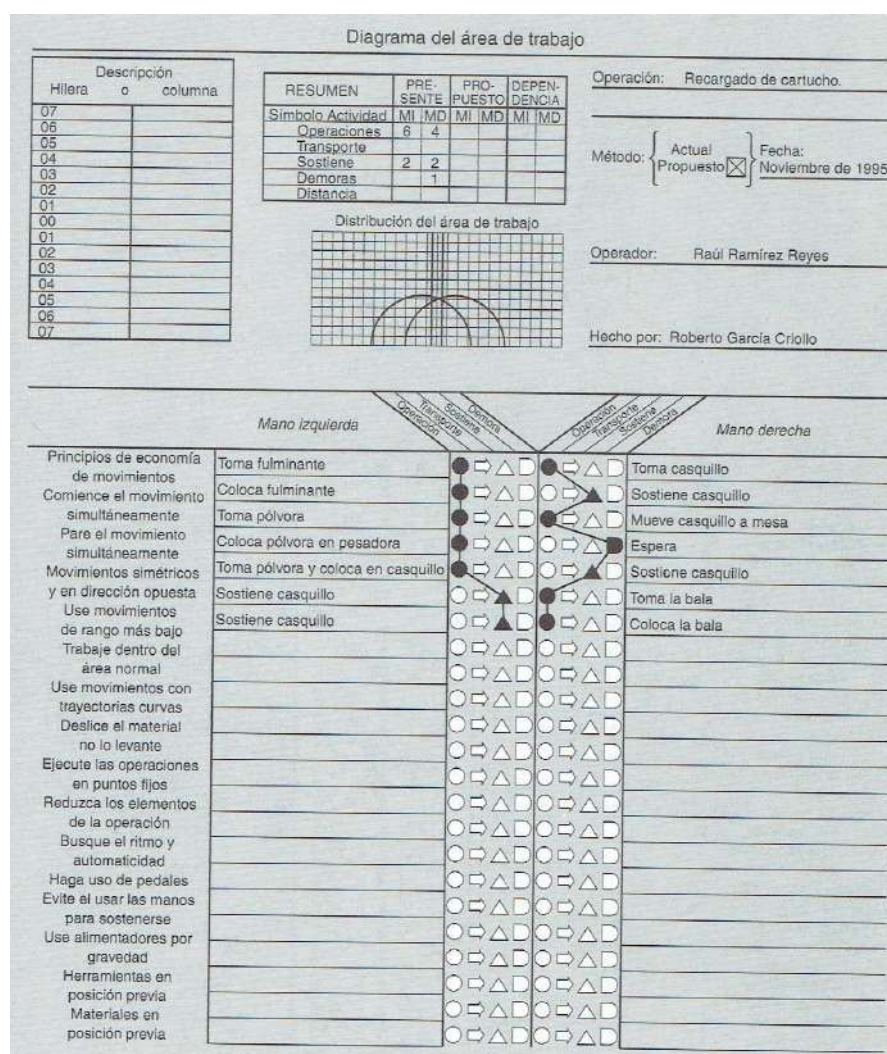


Ilustración 1. Formato de ejemplo de diagrama bimanual. Fuente: (Criollo, 2005)

2.4 ERGONOMÍA

En síntesis, se puede decir que la ergonomía es la disciplina científica que estudia todo lo concerniente a la relación entre el hombre y sus condiciones de trabajo. Los aspectos para tomar en cuenta en el diseño del área de trabajo son el ciclo de trabajo y el manejo de materiales y levantamientos.

Desde un punto de vista ergonómico, es fundamental prevenir y/o eliminar situaciones que puedan poner en riesgo la seguridad del trabajo mediante la verificación y/o instalación de reglamentos, procedimientos y dispositivos adecuados.

Los aspectos del diseño del área de trabajo son los siguientes: herramientas, medio ambiente-iluminación, iluminación, ruido, temperatura, tipos de estación de trabajo, antropometría, establezca altura, reducir riesgos por desórdenes traumáticos, evitar posiciones fijas.

La ergonomía se ocupa de:

- A) El estudio del operario individual o del equipo de trabajo;
- B) La facilitación de datos para el diseño. Los objetivos de la ergonomía son, por consiguiente, promover la eficiencia funcional, al mismo tiempo que mantiene o mejora el bienestar humano.

Las medidas ergonómicas pueden también definirse como las que no se limitan a la simple protección de la integridad física de los trabajadores, sino que procuran su bienestar mediante la creación de unas condiciones de trabajo apropiadas y la utilización más idónea de sus características físicas y de su capacidad fisiológica y psicológica. (Criollo, 2005)

A continuación, se describen algunos métodos referentes al análisis ergonómico para estudiar el impacto que causa en el trabajador:

2.4.1 MÉTODO DE OWAS

El método finlandés OWAS (Owako Work Posture Analysis System) fue desarrollado entre 1974 y 1978 por Osmo Karhu y Bjorn Trappe, por la empresa Owako Oy, así

como por el Instituto de Salud Laboral de Finlandia para la industria siderúrgica. Posteriormente fue aplicado por otras industrias, entre ellas la de la construcción (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo). La colaboración de ingenieros del sector del acero, de trabajadores y de un grupo de ergónomos permitió a los autores obtener conclusiones válidas y extrapolables del análisis realizado. No obstante, es el Instituto de Salud Laboral de Finlandia quien ha perfeccionado esta herramienta.

Su desarrollo aparece como respuesta a la alta prevalencia de problemas y quejas del sistema musculo-esquelético en posible asociación con las posturas laborales adoptadas, principalmente el dolor en la parte baja de la espalda. De este modo, OWAS es un método sencillo que facilita el análisis de la carga postural y que proporciona resultados para mejorar las condiciones de trabajo. La toma de datos, o registro de posiciones, puede realizarse mediante la observación del trabajador, el análisis de fotografías, o a partir de aleaciones. Se estima que el mayor número de posturas observadas, menor es el error del observador. En función del riesgo o incomodidad de una postura, el método OWAS distingue cuatro niveles o “categorías de riesgo y acciones”, que enumera en orden ascendente, siendo la de valor 1 la de menor riesgo y la de valor 4 la de mayor riesgo. En cada categoría de riesgo el método establece una propuesta de acción, indicando la necesidad o no de rediseño y su urgencia. Posteriormente, evalúa la categoría de riesgo o incomodidad para cada parte del cuerpo (espalda, brazos y piernas), en función del porcentaje de tiempo de permanencia en cada posición. Finalmente, el análisis de las categorías de riesgo calculadas para las posturas observadas y para las distintas partes del cuerpo permite identificar las posturas y posiciones más críticas, así como las acciones correctivas necesarias para mejorar el puesto, además de definir ciertas acciones para el rediseño de la tarea evaluada. Resumiendo, el método OWAS ha sido validado para identificar malas posturas en los puestos de trabajo. Permite evaluar los riesgos posturales del trabajador para adoptar medidas preventivas encaminadas a disminuir las patologías asociadas con ciertas actividades.

El método permite clasificar las categorías de riesgo de manera adecuada, y mediante el análisis obtenido se determina el posible efecto que cada postura tendrá sobre el

sistema músculo-esquelético de los trabajadores, así como la elección correctiva a considerar en cada caso.

Procedimiento:

Para conocer el grado de riesgo que tiene un trabajador se debe llevar a cabo lo siguiente:

1. Determinar si la observación de la tarea debe ser dividida en varias fases o etapas para facilitar la observación (evaluación simple o multifase).
2. Establecer el tiempo total de observación continua de la tarea (entre 20 y 40 minutos, considerando al menos 10 minutos de descanso entre cada periodo).
3. Identificar, durante la observación de la tarea o fase, las diferentes posturas que adopta el trabajador. Para cada postura, determinar la posición de la espalda, los brazos y piernas, así como la carga levantada.
4. Codificar las posturas observadas, asignando a cada posición y carga los valores de los dígitos que configuran su “código de postura”.
5. Calcular para cada “código de postura” la categoría de riesgo y de acción a la que pertenece, con el fin de identificar aquellas posturas críticas o de mayor nivel de riesgo para el trabajador. El cálculo del porcentaje de posturas catalogadas en cada categoría de riesgo puede ser de gran utilidad para la determinación de las posturas críticas.
6. Calcular el porcentaje de repeticiones de cada posición de espalda, brazos y piernas con respecto a las demás.
7. Determinar, en función de la frecuencia relativa de cada posición de una zona del cuerpo, el porcentaje de tiempo que se permanece en ella, y a partir de esto establecer la categoría de riesgo a la que pertenecen (la espalda, los brazos y las piernas), con el fin de identificar las que presentan una actividad más crítica.
8. Determinar, en función de los riesgos calculados, las acciones correctivas y de rediseño necesarias.
9. En caso de haber introducido cambios, evaluar de nuevo la tarea con el método OWAS para comprobar la efectividad de la mejorar.

Codificación de las posturas observadas

El método asigna cuatro dígitos a cada postura, cuyo orden está en función de la posición de la espalda, los brazos y las piernas, así como de la carga soportada, configurando el “código de postura”, ilustración 2 y 3. Para las observaciones divididas en fases el método añade un quinto dígito, que determina la fase en que ha sido observada la postura.

Posición de la espalda	Código
Espalda derecha El eje del tronco del trabajador está alineado con el eje caderas-piernas	 1
Espalda doblada Puede considerarse que ocurre para inclinaciones mayores de 20° (Mattila et al., 1999)	 2
Espalda con giro Existe torsión del tronco o inclinación lateral superior a 20°	 3
Espalda doblada con giro Existe flexión del tronco y giro (o inclinación) de forma simultánea	 4

Ilustración 2. Codificación de la posición de la espalda. Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Posición de los brazos	Código
Los dos brazos bajos Ambos brazos del trabajador están situados bajo el nivel de los hombros	 1
Un brazo bajo y el otro elevado Un brazo del trabajador está situado bajo el nivel de los hombros y el otro, o parte del otro, está situado por encima del nivel de los hombros	 2
Los dos brazos elevados Ambos brazos (o parte de los brazos) del trabajador están situados por encima del nivel de los hombros	 3

Ilustración 3. Codificación de la posición de los brazos. Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Posición de las piernas	Código
Sentado	1
El trabajador permanece sentado	
De pie con las dos piernas rectas	2
Las dos piernas rectas y con el peso equilibrado entre ambas	
De pie con una pierna recta y la otra flexionada	3
De pie con una pierna recta y la otra flexionada con el peso desequilibrado entre ambas	
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso equilibrado entre ambas	4
Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° (Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas.	
De pie o en cuclillas con las dos piernas flexionadas y el peso desequilibrado	5
Puede considerarse que ocurre para ángulos muslo-pantorrilla inferiores o iguales a 150° (Mattila et al., 1999). Ángulos mayores serán considerados piernas rectas.	
Arrodillado	6
El trabajador apoya una o las dos rodillas en el suelo.	
Andando	7
El trabajador camina	

Ilustración 4. Codificación de las posiciones de las piernas. Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Carga o fuerza	Código
Menos de 10 kg 	1
Entre 10 y 20 kg 	2
Mas de 20 kg 	3

Ilustración 5. Codificación de la carga y fuerza soportada. Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

La ilustración 6 muestra la categoría de riesgo, los efectos sobre el sistema musculo esquelético y las acciones correctivas.

Categoría de Riesgo	Efecto de la postura	Acción requerida
1	Postura normal y natural sin efectos dañinos en el sistema músculo esquelético.	No requiere acción.
2	Postura con posibilidad de causar daño al sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas en un futuro cercano.
3	Postura con efectos dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requieren acciones correctivas lo antes posible.
4	La carga causada por esta postura tiene efectos sumamente dañinos sobre el sistema músculo-esquelético.	Se requiere tomar acciones correctivas inmediatamente.

Ilustración 6. Categorías de riesgo y acciones correctivas. Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Para conocer la categoría de riesgo pertenece cada postura se empleará la tabla 1. En ella, a partir de cada dígito del código de postura, se indica la categoría de riesgo a la que pertenece la postura.

Tabla 1. Categoría de riesgos por códigos de postura.

Piernas		1			2			3			4			5			6			7		
Carga		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Espalda																						
Brazos																						
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	2
2	1	2	2	3	2	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
	2	2	2	3	2	2	3	2	3	3	3	4	4	3	4	3	3	3	4	2	3	4
	3	3	3	4	2	2	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	3	3	3	4	4	4	1	1	1	1	1	1
	2	2	2	3	1	1	1	1	1	2	4	4	4	4	4	4	3	3	3	1	1	1
	3	2	2	3	1	1	1	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	1	1	1
4	1	2	3	3	2	2	3	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	2	3	3	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4
	3	4	4	4	2	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	3	4

Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Conocidas las Categorías de riesgo de cada postura es posible determinar cuáles son aquellas que pueden ocasionar una mayor carga postural para el trabajador. Para considerar el riesgo de todas las posturas de forma global, se calculará a continuación la frecuencia relativa de cada posición adoptada por cada miembro. Es decir, en qué porcentaje del total de posturas registradas, cada miembro se encuentra en una posición determinada. Por ejemplo, si se han registrado 50 posturas y en 10 de ellas la espalda estaba doblada, la frecuencia relativa de espalda doblada es 20%. Este procedimiento deberá aplicarse a todas las posiciones posibles de todos los miembros. Una vez conocidas las frecuencias relativas permitirá conocer las Categorías de riesgo para la espalda, los brazos y las piernas de manera global. A partir de esta información será posible identificar que partes del cuerpo soportan una mayor incomodidad y decidir las medidas correctivas a aplicar. (Sánchez, 2016)

Tabla 2. Categorías de Riesgo de las posiciones según su frecuencia relativa.

Frecuencia Relativa		≤10%	≤20%	≤30%	≤40%	≤50%	≤60%	≤70%	≤80%	≤90%	≤100%
ESPALDA	Espalda derecha	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Espalda doblada	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Espalda con giro	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Espalda doblada con giro	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
BRAZOS	Dos brazos bajos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Un brazo bajo y el otro elevado	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Dos brazos elevados	1	1	2	2	2	2	2	3	3	3
PIERNAS	Sentado	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
	De pie	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
	Sobre una pierna recta	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	Sobre rodillas flexionadas	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Sobre una rodilla flexionada	1	2	2	3	3	3	3	4	4	4
	Arrodillado	1	1	2	2	2	3	3	3	3	3
	Andando	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2

Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

2.4.2 MÉTODO DE NIOSH

En el libro de Ergonomía 3 Diseño de puestos de trabajo (Mondelo, Gregori, Blasco, & Barrau, 2001) plantean que el National Institute of Safety and Health (NIOSH) de los Estados Unidos de América creó un comité de expertos para revisar la metodología sobre manipulación de cargar y levantamiento de pesos. Este comité desarrolló la NIOSH Work Practices Guide for Manual Lifting (1981) a partir de la revisión y estudio de diversas investigaciones en levantamientos manuales.

El método NIOSH ha sido desarrollado con el fin de prevenir lesiones para un grupo de población formado por hombres y mujeres, y por esto es uno de los más restrictivos de todos los existentes.

A diferencia de otros métodos que establecen el límite solo según unos de los conceptos que intervienen (biomecánico, fisiológico, psicofísico), este método combina los tres, estableciendo una carga máxima que responde al menor peso obtenido al aplicar a una misma tarea los tres conceptos. Así pues, el factor limitante o criterio para cada tarea puede variar.

El criterio biomecánico limita el esfuerzo sacro-lumbar, que es el más importante en tareas de levantamientos infrecuentes. El criterio fisiológico limita el esfuerzo metabólico y la fatiga asociada con tareas repetitivas de levantamientos. El criterio

psicofísico limita la carga de trabajo basándose en la percepción que los trabajadores tienen sobre su propia capacidad de levantar una medida aplicable a casi todas las tareas, excepto con frecuencias de levantamiento muy elevadas (por encima de las 6 veces/minuto).

La ecuación NIOSH para el levantamiento de cargas determina el límite de peso recomendable (RWL) para evitar lumbalgias y problemas en la espalda a partir del producto de siete factores:

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$$

LC: Constante de carga.

HM: Factor de distancia horizontal.

VM: Factor de altura.

DM: Factor de desplazamiento vertical.

AM: Factor de asimetría.

FM: Factor de frecuencia.

CM: Factor de agarre.

En un levantamiento ideal el peso máximo recomendado es de 23 kg. Este valor, denominado Constante de Carga (LC) se basa en los criterios psicofísico y biomecánico, y es el que se considera que puede ser levantado sin problemas en esas condiciones por el 75% de las mujeres y el 90% de los hombres. Es decir, el Peso Límite Recomendado (RWL) para un levantamiento ideal es de 23 kg. (Madrid, 2016)

2.5 LA MEDICIÓN DEL TRABAJO COMO FACTOR DE EFICIENCIA

Para los presentes fines se puede definir a la eficiencia como el grado de rendimiento en que se realiza un trabajo con respecto a una norma preestablecida (tiempo tipo o estándar).

Factores de eficiencia: Un análisis de los factores relacionados con la eficiencia del trabajo nos lleva a revisar el siguiente esquema:

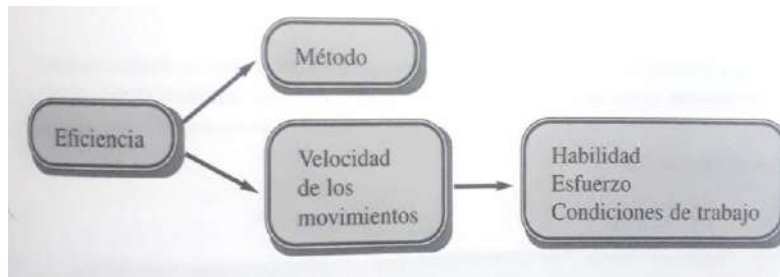


Ilustración 7. Medición del trabajo. Fuente: (Criollo, 2005)

Sin duda la eficiencia depende en primer lugar de los métodos de trabajo que se empleen. En segundo lugar, y a igualdad de métodos, la eficiencia es resultado de la velocidad de los movimientos que efectúe el trabajador. Para medir la velocidad de los movimientos del trabajador intervienen las técnicas de medición del trabajo.

2.6 OBJETIVOS DEL ESTUDIO DE MÉTODOS

El estudio de métodos persigue diversos propósitos, los más importantes son:

1. Mejorar los procesos y propósitos
2. Mejorar la disposición y el diseño de la fabricación, taller, equipo y lugar de trabajo.
3. Economizar el esfuerzo humano y reducir la fatiga innecesaria
4. Economizar el uso de materiales, máquinas y mano de obra
5. Aumentar la seguridad
6. Crear mejores condiciones de trabajo
7. Hacer más fácil, rápido sencillo y seguro el trabajo

2.7 CONDICIONES DE TRABAJO

Lo primero que hay que hacer cuando se trata de mejorar los métodos de trabajo en una industria (o en cualquier otra parte), es crear condiciones laborales que permitan a los obreros ejecutar sus tareas sin fatiga innecesaria.

Si el obrero se encuentra en un ambiente grato, en condiciones higiénicas, sin experimentar frío ni calor, con iluminación adecuada y con el menor ruido posible, disminuye considerablemente su fatiga; además, si no distrae su atención en cuestiones personales, puede concentrarse en su trabajo y realizarlo mejor.

Las malas condiciones de trabajo figuran entre las principales causas productoras de tiempo improductivo por deficiencias de dirección. No solo se pierde tiempo, sino que se originan una proporción excesiva de trabajo defectuoso, con desperdicio de material y pérdida de producción consiguientes. (Criollo, 2005)

La disminución de la productividad y el aumento de las piezas defectuosas y de los descartes de la producción imputables a la fatiga provocada por horarios de trabajo excesivos y malas condiciones de trabajo –sobre todo en lo que concierne a la iluminación y la ventilación– han demostrado que el organismo humano, pese a su inmensa capacidad de adaptación, tiene un rendimiento mucho mayor cuando funciona en condiciones óptimas. Es más, en ciertos países en desarrollo se ha comprobado que es posible aumentar la productividad mejorando simplemente las condiciones en que se desarrolla el trabajo.

El medio ambiente de trabajo peligroso puede constituir la causa directa de accidentes y enfermedades profesionales, sino que la insatisfacción de los trabajadores cuyas condiciones de trabajo no están adaptadas a su nivel cultural y social actual puede provocar la disminución de la calidad y la cantidad de la producción, una rotación excesiva de la mano de obra y un mayor abastecimiento.

Las condiciones de trabajo dependen principalmente de los siguientes factores:

A) Orden y Limpieza: El orden, es un término general que abarca todo lo referente a pulcritud y estado general de conservación, no solo contribuye a prevenir los accidentes, sino que constituye igualmente un factor de productividad. De hecho, examinando aspectos como la forma en que están almacenados los materiales y el equipo, si los pasadizos y corredores están libres de estorbos de los materiales y el equipo, si los pasadizos y corredores están libres de estorbos y la limpieza de las zonas de

trabajo, es posible hacerse una idea de la actitud general de la dirección de la empresa con respecto a la productividad y a la seguridad.

El orden entraña ciertos elementos básicos:

- Se deben eliminar los materiales y productos innecesarios: los que no se utilicen se deben tirar y los que se utilizan raras veces se deben recoger y almacenar de una manera adecuada.
- Las herramientas y el equipo deben estar ordenados de manera que se puedan encontrar fácilmente y volver a colocar en su lugar designado. A este respecto son útiles tablas sobre las que se ordenan las herramientas.
- Los corredores y pasadizos deben estar despejados y marcados con rayas de por lo menos 5 centímetros de ancho. Los depósitos y las zonas de almacenamiento deberán marcarse de igual modo. Los materiales tóxicos se pintarán con un color diferente para identificarlos como tales.
- Las zonas de trabajo deben mantenerse limpias.
- La ropa de trabajo debe mantenerse igualmente limpia para reducir el riesgo de absorción de ciertas sustancias tóxicas.
- Los trabajadores asignados a trabajos sucios o expuestos a sustancias peligrosas o tóxicas deberían disponer de cuartos de aseo.

b) Calidad e intensidad de iluminación: La buena visibilidad del equipo, del producto y de los datos relacionados con el trabajo es, pues, un factor esencial para acelerar la producción, reducir el número de piezas defectuosas, disminuir el despilfarro y prevenir la fatiga visual y las cefaleas de los trabajadores. Cabe añadir que la visibilidad insuficiente y el deslumbramiento son causas frecuentes de accidentes.

La visibilidad depende de varios factores: tamaño y color del objeto que se trabaja, su distancia de los ojos, persistencia de la imagen, intensidad de la luz y contraste climático y luminoso con el fondo.

c) Ventilación: Los metros cúbicos de aire de un local de trabajo, por muchos que sean, nunca permitirán prescindir de la ventilación, porque esta es el factor dinámico que complementa el concepto de espacio; para un número constante de trabajadores, la intensidad de la ventilación debe ser inversamente proporcional al tamaño del local.

No debe confundirse ventilación con circulación de aire: la primera sustituye al aire viciado por aire fresco, mientras que la segunda mueve el aire, pero sin renovarlo.

d) Ruido y vibraciones: Se entiende por ruido todo sonido desagradable o no deseado. Se utilizan sonómetros para medir las variaciones de la presión que producen sonidos audibles. La unidad práctica de medición del ruido es el decibel (dB). El ruido es la causa de diversos problemas. Impide la comunicación del sonido, en primer lugar, por el efecto de encubrimiento que cada sonido ejerce sobre los de frecuencia igual o inmediatamente superior, que reduce la inteligibilidad de las palabras emitidas con una voz que no supere en 10 dB el ruido ambiental; y, en segundo lugar, porque eleva temporalmente el umbral auditivo cuando el ruido al que se ha estado expuesto superaba los 78 u 80 dB. El ruido ambiental puede obstaculizar la comunicación o, al cubrir las señales de alarma, puede ocasionar accidentes. Su nivel no debe exceder de los 60-70 dB si se requiere mantener una comunicación a una distancia normal.

El ruido puede acarrear trastornos sensomotores, neurovegetativos y metabólicos; de ahí que se le considere una de las causas de fatiga industrial, irritabilidad, disminución de la productividad y accidentes de trabajo.

Aunque son pocos los trabajadores expuestos a vibraciones que resulten peligrosas para la salud, no se deberían descuidar las medidas de protección necesarias. Deben analizarse primeramente las posibilidades de reducir los niveles de las vibraciones. (Por ejemplo, con el equilibrio dinámico de las partes en rotación, la utilización de armaduras que absorban la vibración o la creación de cimientos sólidos) y de reducir el efecto de las vibraciones para las maquinas que se agarran con las manos). Cuando esto no sea posible, habrá que controlar el periodo de exposición. Las personas expuestas a vibraciones deben ser sometidas a reconocimientos médicos periódicos.

e) Condiciones climáticas: El control de las condiciones climáticas en el lugar de trabajo es esencial para la salud y comodidad de los trabajadores y para mantener una mayor productividad.

Un exceso de calor o de frío puede resultar muy fastidioso para los trabajadores y reducir su eficiencia. Además, eso puede provocar accidentes.

- **Trabajo en ambiente calurosos**

Cuando existen fuentes de calor como hornos, estufas o procesos de transformación a base de calor, o cuando la carga de trabajo físico es elevada, el organismo humano tiene igualmente que hacer frente a un calor excesivo.

Se debe señalar que en esos medios de trabajo calurosos el sudor es casi el único medio de que dispone el organismo para perder calor. Al evaporarse el sudor, el cuerpo se refresca. Existe una relación entre la cantidad y rapidez de la evaporación y sensación de comodidad. Cuando más intensa es la evaporación, más rápidamente se enfría el organismo y se siente refrescado. La evaporación aumenta con una ventilación adecuada.

- **Trabajo en ambientes fríos**

El trabajo en ambientes fríos se circunscribía en otros tiempos a las regiones no tropicales o de gran altitud. Actualmente, a causa de la refrigeración moderna, diversos grupos de trabajadores pueden estar expuestos a un ambiente frío, incluso en países tropicales.

La exposición al frío durante periodos breves puede producirse graves efectos, especialmente cuando los trabajadores están expuestos a temperaturas inferiores a 10°. La pérdida de calor corporal es molesta y afecta rápidamente a la eficiencia del trabajador. Para mantener la temperatura normal en un ambiente fresco o frío, el organismo trata de reducir la pérdida de calor tiritando y reduciendo de ese modo la circulación de la sangre hacia la piel y las extremidades. Las exposiciones durante un largo periodo o a un frío extremo ponen en peligro la supervivencia debido a una caída de la temperatura corporal. (Kanawaty, 2006)

La información recopilada anteriormente hace referencia a las herramientas utilizadas para estudiar el proceso de producción de ladrillo y las posturas utilizadas, lo que conlleva a realizar a fondo una investigación teórica para conocer el proceso de este, haciendo síntesis en el objetivo de aumentar la productividad de mano de obra.

2.8 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DEL PROCESO DE LADRILLO.

Según (Averardo, 2009) la producción artesanal de ladrillos es una actividad que desde hace años brinda empleo a miles de familias mexicanas, sin embargo, también es una fábrica de contaminación que afecta al medio ambiente y deteriora la salud de las personas.

El ladrillo es el material de construcción más antiguo fabricado por el hombre. En los primeros tiempos se comenzó elaborándolo en su forma cruda, que es el adobe. Su difusión se debió a que el hombre le dio tamaño que se acomodaba a su mano y para hacerlo recurrió a materias primas accesibles, que se pueden encontrar casi en cualquier parte.

Como el adobe (ladrillo crudo) es atacado por el agua, en las regiones con grandes precipitaciones, se comenzaron a desarrollar las técnicas de cocción, lo que le da una definitiva estabilidad como material de construcción.

Podemos definir que el ladrillo es una “piedra artificial” de forma geométrica, que resulta de la propiedad plástica de la materia prima empleada, la arcilla, que, al modelarse con agua, una vez seca y tras su posterior cocción adquiere una gran dureza y resistencia. Se llega así al ladrillo común “de campo” tan conocido y popularizado en nuestros días.

Dentro de los materiales de construcción el ladrillo común está considerado como “piedra artificial”, puesto que se obtiene por un proceso de cocción de arcillas y otros componentes naturales, que dependen del lugar donde se los encuentra.

2.8.1 CONCEPTO Y FUNCIÓN DE UNA LADRILLERA

El Informe (Diagnóstico integral sobre el sector ladrillero en Guanajuato., 2013) indica que las ladrilleras son aquellos espacios destinados al moldeo y horneado del barro para la fabricación de los ladrillos utilizados para la edificación.

Las emisiones de contaminantes de las ladrilleras dependen de la temperatura, el tiempo de cocción, del tipo de combustible y del horno que se utilice. La industria ladrillera de los países con menor desarrollo utiliza tecnologías poco eficientes, que

generan humos negros. Aunado a lo anterior, los combustibles que se utilizan son diversos y de baja calidad, como neumáticos, aserrín, cenizas, aceite, plásticos, basura electrónica, entre otros. Esta actividad económica se convierte en un problema de salud pública en México, que no solamente afecta a los trabajadores sino también a las familias y las zonas colindantes con las ladrilleras, lo que incrementa su vulnerabilidad ante enfermedades crónicas.

2.8.2 PROCESO DE ELABORACIÓN DE UN LADRILLO

El proceso de elaboración de ladrillo comprende varias etapas como se resumen en la ilustración 8, entre las cuales se encuentran:

1. Remojado y Batido. En esta etapa se revuelven los aglutinantes (estiércol o aserrín) con tierra o arcilla y agua.
2. Tendido. Es la etapa donde se hacen los ladrillos con ayuda de un molde de madera.
3. Desorillado y Trinchado. En esta parte se le quita al ladrillo toda la rebaba sobrante, para pasarlo al secado natural a través de hacer estibas abiertas por donde circule el aire y los rayos del sol.
4. Acarreado y Acomodado en Horno. Después de que los ladrillos se secaron se trasladan al horno para acomodarlos en bancos o camas con aberturas por donde circule el calor.
5. Cocción. En esta etapa el productor suministra combustible al horno (leña, aserrín, tarimas, gas u otro) por un periodo que va desde las 15 horas hasta 36 horas dependiendo de la capacidad del horno, alcanzando temperaturas que varían de los 700 hasta los 1100 grados Celsius.
6. Enfriamiento. En esta parte del proceso las condiciones ambientales y la demanda de producto determinan el tiempo que se ha de dejar enfriar, pero puede ir de 24 horas hasta 72 horas.
7. Venta. Consiste en la rotación y distribución de ladrillo en ciertos lugares de manera ordenada. Los ladrillos deben estar en perfecto estado de tal forma que

el cliente tenga contacto con ellos y se lleve una buena impresión del producto. (Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales, 2010).



Ilustración 8. Etapas del proceso de elaboración del ladrillo. (Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales, 2010).

2.9 ANTECEDENTES DE LA PRODUCCION DE LADRILLO ARTESANAL

En el (Diagnóstico integral sobre el sector ladrillero en Guanajuato., 2013) en colaboración con recursos del FOAM muestra la problemática de contaminación que genera la producción de ladrillo artesanal en el estado de Guanajuato viene desde hace mucho tiempo, y se había abordado principalmente desde la perspectiva ambiental, dejando de lado la problemática social, económica, educativa, de salud, de comercialización de su producto, (entre otras), provocando que los proyectos que se estaban realizando en ese momento no contribuyeran a resolver la problemática de los ladrilleros.

Uno de los estudios integrales más recientes sobre la situación de las ladrilleras en el Estado de Guanajuato fue el denominado “Eficiencia energética en ladrilleras artesanales de la comunidad del Refugio de León” con la participación del Instituto Tecnológico de León ITL, Instituto Nacional de Ecología INE, COMIMSA, SWISSCONTACT, 2010-2013, cuyos resultados se han plasmado en congresos ladrilleros que se han celebrado, el más reciente en Guanajuato capital. La experiencia de organismos como SWISSCONTACT y el INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA, han servido como propulsores para que el Instituto Estatal de Ecología del Estado haya

tomado la iniciativa de revisar la situación actual de las ladrilleras, consecuentemente esto daría pie a que surgieran proyectos como el horno llamado MK2, cuyo funcionamiento se puso a prueba en la localidad del Refugio, Municipio de León siendo evaluado por el Molina Center for Energy and Environment y la empresa GAMATEK. Con la voluntad de los propietarios de hornos ladrilleros, se pudo impulsar ese proyecto, sin embargo, estos esfuerzos son aislados y no resuelven de manera integral la problemática. Bajo este contexto, el instituto de Ecología del Estado de Guanajuato encargó al Centro de Innovación Aplicada a Tecnologías Competitivas, A. C. (CIATEC) la elaboración del Diagnóstico Integral de los ladrilleros, basado en 12 de los municipios considerados estratégicos en la Entidad, a saber, León, Salamanca, Silao, Irapuato, Celaya, San Francisco del Rincón, Purísima de Rincón, San Miguel Allende, San Luis de la Paz, Abasolo, Acámbaro y San Diego de la Unión.

Esto ayudará a que el instituto tenga un panorama más amplio de la problemática de los ladrilleros e implemente proyectos específicos. Como antecedente se tiene además la publicación de la norma técnica NTE-IEG-001/98 por parte del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato en el año de 1998; posteriormente durante el año 2010 se actualizó la norma NTA-IEE-001/2010 que vigente hasta la fecha. Es importante señalar que para el año 2012, el Instituto de Ecología en Guanajuato contaba poco más de 2,000 unidades productivas en el Estado. Por otra parte, se cuenta con normativas oficiales relacionadas que debe ser observada, como son: NOM-005-STPS-1998; NOM-018-STPS-2000; NOM-043-SEMARNAT-1993; NOM-085-SEMARNAT1994; NOM-052-SEMARNAT-2005; NOM-004-SEDEG-2000. Debido en parte a la falta de registros y la informalidad en la que se trabaja, los levantamientos de los censos económicos por parte del INEGI, reflejan una información menor a la que se encuentra en los registros de las oficinas de ecología de los municipios y en las Bases de datos del Instituto de Ecología del Estado. La información recabada en los Censos económicos del 2009, por parte del INEGI, concentraba la mayor cantidad de productores en: León, Abasolo, Silao, Purísima, y Salamanca, principalmente.

Una de las principales inquietudes que conlleva este Diagnóstico, es conocer el ingreso promedio de un productor, ya que se puede observar que familias completas

viven de esta actividad, incluso solamente de este ingreso, entonces la manera como el dueño de la unidad productiva hace rendir su dinero es involucrando en el trabajo a los integrantes de la familia: esposas, hijos, hermanos, yernos, etc. Debido a las necesidades de materia prima y agua, los productores se ubican en zonas donde se tenga a la mano: tierras, arcillas, agua y otros insumos que varían de acuerdo a cada región; por lo que resulta común su asentamiento principalmente cerca de cuerpos agua y tierras de cultivo, sin embargo, el crecimiento poblacional acelerado los ha alcanzado y actualmente se ubican dentro de centros de población.

La elaboración de ladrillo de manera artesanal es una actividad que se realiza principalmente por personas de escasos recursos, sin mayor tecnificación del proceso de fabricación. Por otro lado, se observa que la producción de ladrillo es una actividad familiar, donde participan desde el padre de familia, esposa, hijos y otros parientes, sin embargo, no se impacta para los costos de fabricación, ya que no se percibe un sueldo por ello.

2.9.1 LADRILLERAS COMO ACTIVIDAD ECONÓMICA EN MÉXICO

En los 13 municipios estudiados en el análisis anteriormente mencionado, se ubican un total de 1,321 hornos ladrilleros, de los cuales se obtuvieron datos de 1,057 hornos, identificando a 974 productores, 940 hombres y 34 mujeres. (CIATEC, 2015). Los municipios de León y Abasolo presentan una mayor cantidad de dependientes económicos, mientras que los municipios de Salamanca e Irapuato presentan la menor cantidad. Asimismo, presentan una condición de hacinamiento, ya que, en ambos casos, se tienen cantidades considerables de familias con más de cinco habitantes por vivienda. En este sentido, los municipios de Acámbaro y Salamanca presentan menos ocupación de habitantes por vivienda en la ilustración 9 se presenta de manera gráfica esta información.



Ilustración 9. Número de ladrilleras por entidad federativa. Fuente: (CIATEC, 2015).

2.9.2 LA POBLACIÓN COMO DEPENDIENTE ECONÓMICO DE LA ACTIVIDAD LADRILLERA.

La población dentro de la comunidad del bajío que se encuentra dependiente económicamente de la actividad ladrillera se estima en un total de 3994 en el año 2021 (INEGI), En la siguiente tabla se presentan los resultados obtenidos en cuanto al número de personas que directamente son dependientes económicos de los productores de ladrillo, los cuales suman en total 3,994 personas; de estos y de manera obvia, por el número de productores y hornos presentes, el municipio de León cuenta con el mayor número de personas que dependen directamente de la actividad ladrillera, dependiendo directamente de ella un total de 1582 personas. Siguiendo el municipio de Abasolo con un total de 639 personas dependientes directos de la actividad en cuestión. Por otro lado, los municipios de Salamanca e Irapuato presentan muy pocas personas que dependen directamente de la actividad ladrillera, con 50 y 81 personas, respectivamente. Destaca el municipio de Acámbaro, el cual cuenta con tan solo 58 hornos con datos, pero con un total de 260 personas que tienen su dependencia económica directamente de la actividad ladrillera, constituyéndose de esta manera como el municipio con una proporción mayor de dependientes

económicos por horno, con 5.6 personas por cada uno de ellos, el municipio con menor proporción es Salamanca con tan solo 2.3 personas dependientes por horno.

Tabla 3. Dependientes Económicos Municipales.

MUNICIPIO	HORNOS	DEPENDIENTES ECONÓMICOS	DEPENDIENTES POR PRODUCTOR
Abasolo	228	639	2.8
Acámbaro	58	260	4.5
Celaya	71	156	2.2
Irapuato	36	81	2.2
León	312	1582	5.3
Purísima del Rincón	46	129	2.8
Salamanca	21	50	2.4
Silao	85	320	3.3
San Francisco del Rincón	35	103	2.9
San Miguel Allende	44	219	5
San Diego de la Unión	28	105	3.7
San Luis de la Paz	35	152	4.3
San Felipe (parcial)	58	198	3.4
Total		3,994	

Fuente: (CIATEC, 2015).

CAPITULO III. DESARROLLO O METODOLOGÍA

Identificar la situación actual del ambiente ladrillero mediante el uso de un árbol de medios y fines y un diagrama de recorrido del proceso para conocer el problema principal y la distribución del área de trabajo, respectivamente. Para cumplir con este objetivo nos dimos a la tarea de recopilar información mediante la observación y a través de una encuesta la cual se puede apreciar en el apartado de anexos (Anexo 1. Entrevista).

Desarrollándose de la siguiente manera:

3.1. ÁRBOL DE MEDIOS Y FINES / DIAGRAMA DE RECORRIDO

El árbol de medios y fines es un esquema que sistematiza el análisis, facilitando el ordenamiento lógico casual. Aquí se definen correctamente tanto los objetivos como los fines, donde se pueden plantear varias acciones posibles y alternativas de soluciones al problema principal.

A continuación, se puede observar la ilustración 10 referente al diagrama antes mencionado en relación al problema principal en el ambiente ladrillero al cual se pretende dar solución , en la parte superior se observa el objetivo principal de este proyecto, aumentar la productividad de ladrillo en la mano de obra , en la parte del centro se posiciona el problema que existe, es decir, una baja tasa de productividad en la elaboración del producto y continuando de manera ascendente del mismo punto se encuentran todas aquellas posibles soluciones para cumplir el objetivo principal, de manera descendente, se encuentran todas aquellas causas que hacen que exista o se genere el problema principal.

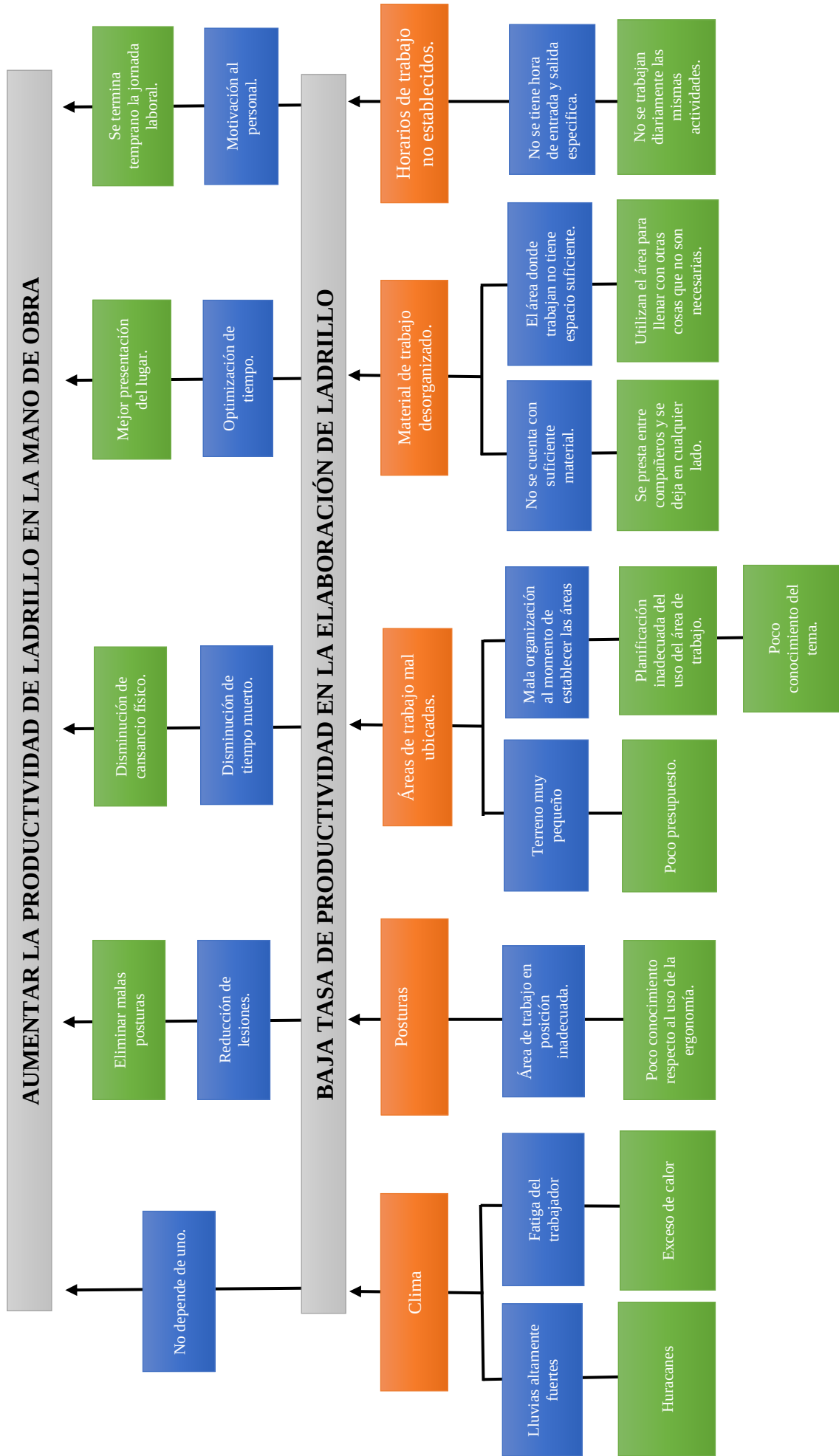


Ilustración 10 Árbol de medios y fines. Fuente: Elaboración propia.

Mediante la aplicación del árbol de medios fines se determinó las causas principales existentes de tiempos muertos y pérdida de productividad en la elaboración de ladrillo, resultando lo siguiente:

- Clima: Variable que no se puede controlar como tal tanto en el aspecto de lluvias como en el exceso de calor, la primera opción detiene el proceso de producción y la segunda genera fatiga en el trabajador por el golpe de calor.
- Las posturas: Debido a la actividad desarrollada el trabajador opera inclinado la mayor parte del tiempo y al momento de cargar objetos pesados no adopta posiciones adecuadas para evitar lesiones en el cuerpo.
- Áreas de trabajo mal ubicadas: Esto puede suceder porque el terreno donde se realiza la actividad es muy pequeño o se tiene muy mala organización en cuanto establecer las áreas de trabajo. No se optimizan los espacios.
- Material de trabajo desorganizado: La mayoría de las herramientas están en estado obsoleto y son pocas las que se encuentran en buen estado lo que ocasiona tiempos muertos al estar esperando que se desocupe alguna herramienta para seguir trabajando.
- Horarios de trabajo no establecidos.

Descripción del trabajador

Tabla 4. Información del trabajador.

Nombre	Edad	Formación Técnica	Experiencia Laboral	Peso	Altura
Rigoberto Vázquez	20 años	Ninguna	8 años	86 kg.	1.60 m.

Fuente: Elaboración Propia

Fecha de Elaboración:01/Noviembre/2021

Información del producto (Ladrillo):

En la tabla 5, se aprecia el peso del ladrillo crudo y ladrillo cocido de igual manera sus dimensiones, esto con la finalidad de identificar la diferencia del peso que se tiene en ambos.

Tabla 5. Información del ladrillo.

Ladrillo crudo		Ladrillo cocido	
Peso	3.630 kg	Peso	2.965 kg
Medidas	7x14x28 cm		

Fuente: Elaboración Propia

Fecha de Elaboración:01/Noviembre/2021

Material e Insumos utilizados en la elaboración de ladrillo:

En la tabla 6 se visualiza la materia prima que es utilizada e indispensable para la elaboración del ladrillo, esto con la finalidad de que sea más fácil la identificación de insumos que contiene el ladrillo.

Tabla 6. Insumos utilizados para el proceso de elaboración de ladrillo.

Insumo	Imagen	Características
PROCESO DEL LADRILLO		
Tierra		Una característica principal de esta es que se adecua para la elaboración de ladrillo, cuando la tierra presenta una propiedad identificada como fuerte, es decir, que no se puede manipular fácilmente es necesario agregarle ceniza.

Aserrín		El serrín o aserrín es el desperdicio del proceso de serrado de la madera, para este proceso es necesario utilizar el aserrín delgado por dos motivos, el primero porque los costos de este son más bajos y en segunda instancia, por la consistencia que ayudará al ladrillo para ser más prolijo.
Paja		La paja se caracteriza por ser el tallo delgado de los cereales, una vez seco y preparado del grano. Este insumo también debe de ser muy fino para su uso.
Estiércol		Esta materia utilizada debe estar muy bien preparado, es decir, arneado ya que lo fino es la parte utilizada sin algún otro residuo que este grande.
Ceniza		Insumo que debe estar a la hora de utilización sin bromos de lo contrario debe arnearse para que sea más fina y tenga un buen uso a la hora de rastrillar el espacio donde se tendera el ladrillo.
Agua		El agua utilizada para este proceso debe ser limpia, clara, libre de grasas y ácidos.

QUEMA DEL LADRILLO		
Leña		Se necesita específicamente la pata de mezquite para la quema del ladrillo y leña, es necesario mantener estos dos insumos fuera de la humedad y secos para facilitar el proceso de encendido. Cabe resaltar, que no es permitido quemar con llantas o algún otro material que pueda contribuir en la contaminación.
Diésel		Actualmente, solo es permitido realizar la quema de ladrillo con diésel ya que se demostró a lo largo del tiempo que este combustible es más efectivo.

Fuente: Elaboración Propia

Fecha de Elaboración:01/Noviembre/2021

En la tabla 7 se describen las herramientas y sus respectivos nombres, que son utilizados durante el proceso de elaboración del ladrillo.

Tabla 7. Herramientas utilizadas en el proceso de elaboración de ladrillo.

Herramienta	Ilustración	Características
Tabiquera		La tabiquera es utilizada para moldear. Cada tabiquera contiene 10 moldes de una sola dimensión 7,14 y 28 cm, mientras que cada espacio que los separa debe ser de 2 cm. Esta tabique normalmente cumple un ciclo de funcionamiento de 6 meses según la utilidad.
Asadón o lencho		Esta herramienta debe estar en buen estado ya que es una de las herraminetas mas utilizadas para el mezclado de cada uno de los insumos utilizados.

Raspadera		Esta herramienta cumple la función de rastrillar el tabique y pararlo una vez que haya sido tendido para que este se orie de ambas partes y así mismo pueda atrincherarse y pasar al horno para su cocido.
Carretilla		Herramienta útil dentro del proceso de ladrillo ya que transporta la materia prima que se encuentra a distancias del área de trabajo y esta facilita el transporte de la misma.
Cubetas y botes		Las cubetas son utilizadas para el transporte de la mezcla al área de tendido, cada cubeta tiene un peso aproximado de 5.600 kg con la mezcla, mientras que el bote es utilizado para el transporte de agua cada que se utilice con una capacidad de 19 lts.
Arnero		Esta herramienta debe estar en buen estado sin orificios más grandes de lo normal ya que es utilizada para arnear la materia prima como el aserrín, el estiércol y la ceniza.
Pico		El pico es una herramienta que sirve para la preparación del cajete, es decir esparcir la tierra que se ocupará para la elaboración de nuevos ladrillos en el lugar de trabajo. O de igual manera para la preparación de la paja y el estiércol cuando este se encuentra en bromos muy grandes.

Rastrillo no dentado		Cumple la actividad de preparacion del lugar , es utilizada para rastrillar el lugar y quitar toda aquella materia que se queda en el lugar de trabajo y que pueda perjudicar el mismo, esto con la finalidad de poder enaharinar el piso y tender nuevos ladrillos.
Pala		La pala es una herramienta que cumple la funcion de cargar materia prima de su lugar establecido a la carretilla para ser transportada al lugar de trabajo donde se requiere.También es utilizada en la descarga de materia prima y preparación en el cajete.

Fuente: Elaboración Propia

Fecha de Elaboración:01/Noviembre/2021

Proceso de elaboración de ladrillo:

El proceso para la elaboración de ladrillo consta de varias etapas.

El primer paso del proceso es recaudar la cantidad adecuada de materia prima en el área de trabajo de mezclado según la cantidad de ladrillos a elaborar, la realización de la mezcla está conformada por tierra, paja, aserrín, estiércol, ceniza y agua. Para ejecutar esta actividad el trabajador hace uso de herramienta como la carretilla, la pala, el arnero, el pico y un azadón esto para transportar la materia utilizada al área de trabajo donde se mezcla. Posteriormente se deja medio día reposando y al día siguiente empiezan a mezclar toda la materia prima utilizada para el proceso, la duración de esta actividad es de aproximadamente una hora y media o dos horas, esto dependiendo de la condición del operador, hasta lograr la consistencia deseada. La consistencia y textura de la mezcla es medida con los pies del trabajador, por tal motivo, laboran sin zapatos. En la ilustración 11 se puede observar el proceso anteriormente descrito.



Ilustración 11. Preparación y mezclado de Materia Prima. Fuente: Elaboración propia.

En segunda instancia se encuentra el tendido del ladrillo, que depende de las condiciones del espacio y del estado climático. La actividad de tendido se divide en elementos tales como:

- **Preparación del lugar de trabajo:** Se puede observar en la ilustración 12 parte de esta preparación que consiste en despejar el área donde se va a trabajar y al mismo tiempo rastrillarla para expandir ceniza en el lugar, la ceniza ayuda a que la mezcla pueda desmoldarse con facilidad de la tabiquera y no se quede pegada, al final se coloca el molde o tabiquera en posición para la siguiente actividad.



Ilustración 12. Preparación y mezclado de Materia Prima. Fuente: Elaboración Propia

- **Transporte de la mezcla:** Ilustración 12, se traslada en dos cubetas de las cuales cada una pesa aproximadamente 5.6 kg teniendo en total un peso de 11.2kg. El recorrido que se lleva a cabo comienza en el lugar donde se realizó la mezcla y termina en el lugar donde está realizando el tendido y alisado del ladrillo.



Ilustración 13. Transporte de mezcla. Fuente: Elaboración propia.

- **Tendido y alisado:** Una vez con la mezcla en el área de tendido, el trabajador vacía la materia prima sobre la tabiquera y empieza a distribuir y alisar la mezcla sobre los 10 espacios que tiene en forma de tabique. Véase en ilustración 14.



Ilustración 14. Tendido y alisado del tabique. Fuente: Elaboración Propia

- El último elemento, ilustración 15, de la actividad de tendido de ladrillo es el enjuagado del molde para volver a colocarlo en posición en el suelo, y así mismo seguir con el proceso de ladrillo hasta que se haya acabado la mezcla anteriormente realizada.



Ilustración 15. Enjuague de tabiquera. Fuente: Elaboración Propia

La siguiente actividad que conforma el proceso del ladrillo es el raspado y atrincherado del mismo, una vez que es tendido, el ladrillero necesita esperar al menos un día para dejarlo secar y poder rasparlo, esta actividad depende del clima porque es imposible ejecutar el raspado en clima lluvioso ya que terminaría afectando las propiedades del ladrillo. La actividad en general tiene como objetivo quitar aquellos excesos que no son necesarios y dejar los bordes más limpios para después pasar el ladrillo en el mismo espacio, comience a secarse y posteriormente pasar a atrincherarse, esta actividad consiste en colocar los ladrillos en estibas y formar alrededor de 7 a 10 hilos (filas) en cada estiba logrando así, que estos se oreen por ambos lados, el ladrillo debe permanecer en el atrincherado al menos dos días, ya que se coloca inicialmente de una posición y después se cambia a otra para que alcance un secado parejo y de esta forma poder comenzar con la carga del horno para que el ladrillo alcance su punto máximo en la cocción del mismo. La ilustración 16 muestra las actividades del raspado y el atrincherado.



Ilustración 16. Raspado y atrincherado del tabique. Fuente: Elaboración propia

Una vez que se concluye la actividad del raspado y el atrincherado se continua con la carga del ladrillo en carretillas para transportarse al horno, el ladrillero recorre una distancia de 15 metros para poder llegar a su destino y carga aproximadamente 232.32 kg ya que cada carretilla lleva 64 ladrillos crudos en promedio. Repite esta actividad hasta que el horno cumple con su capacidad de 25,000 ladrillos. En las ilustraciones 17 y 18 se muestra la carga y descarga del tabique al horno.



Ilustración 17. Carga y transporte del ladrillo al horno. Fuente: Elaboración Propia



Ilustración 18. Descarga del ladrillo al horno. Fuente: Elaboración Propia

Cuando el horno se encuentra en su capacidad máxima, se procede a prepararlo para la quema del ladrillo, esto consiste en trasladar toda la pata de mezquite y leña desde el fondo del lugar donde se trabaja hasta el horno, recorren 60 metros de distancia con las carretillas cargadas, durante varias veces ya que se necesita de 50 a 70 carretillas llenas del material necesario como se muestra en la ilustración 18. Una vez estando cerca del horno, descargan la carretilla para luego poder acomodar la leña en su lugar establecido.



Ilustración 19. Transporte de leña y descarga de leña. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente el horno se prende tardando 1 hora para arder y utilizando 20 litros de diesel solo para encenderlo, su duración de quema se identifica cuando el humo levanta y se pone blanco que va desde 7 a 10 horas, dependiendo de las condiciones climáticas, es ahí cuando se apaga y se deja enfriar dos días. A continuación, se muestra en la ilustración 20, la quema del ladrillo.



Ilustración 20. Quema de ladrillo. Fuente: Elaboración propia.

Después de dos días de enfriado se continúa realizando la descarga del ladrillo cocido que consiste en transportarlos al camión de carga para poderlos distribuir en distintos puntos. Cabe mencionar que los trabajadores cargan aproximadamente 6 ladrillos del horno al camión lo que representa 17.79 kg de peso, esto repetitivamente hasta tener la cantidad de ladrillos deseados en el camión. Ilustración 21.



Ilustración 21. Descarga del ladrillo a camión de carga. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de recorrido para conocer el área de trabajo.

En la ilustración 22, se puede apreciar el layout donde se observa el diseño actual del horno ladrillero. Cabe mencionar que el diagrama de recorrido utiliza formas geométricas para describir la actividad que se esta realizando en el lugar, por ejemplo, el circulo representa una operación, la flecha hace referencia al transporte y el cuadrado indica que se esta inspeccionando el producto en proceso de elaboración.

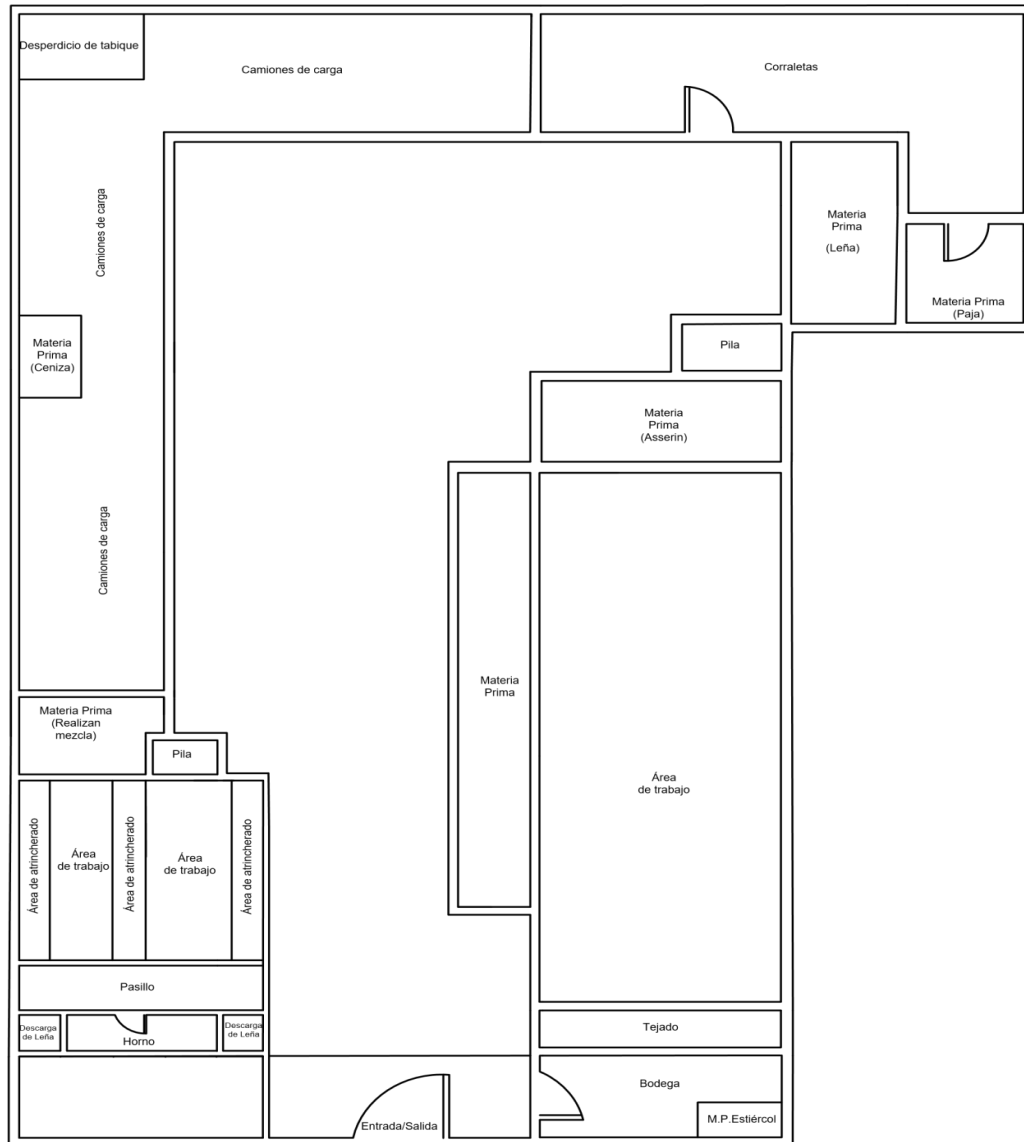


Ilustración 22. Layout completo. Fuente: Elaboración Propia Fecha de elaboración:01-noviembre-2021

Posteriormente, podemos observar el layout del área de trabajo en la ilustración 23 específico a estudiar para proponer el análisis de mejora sobre el proceso del ladrillo.

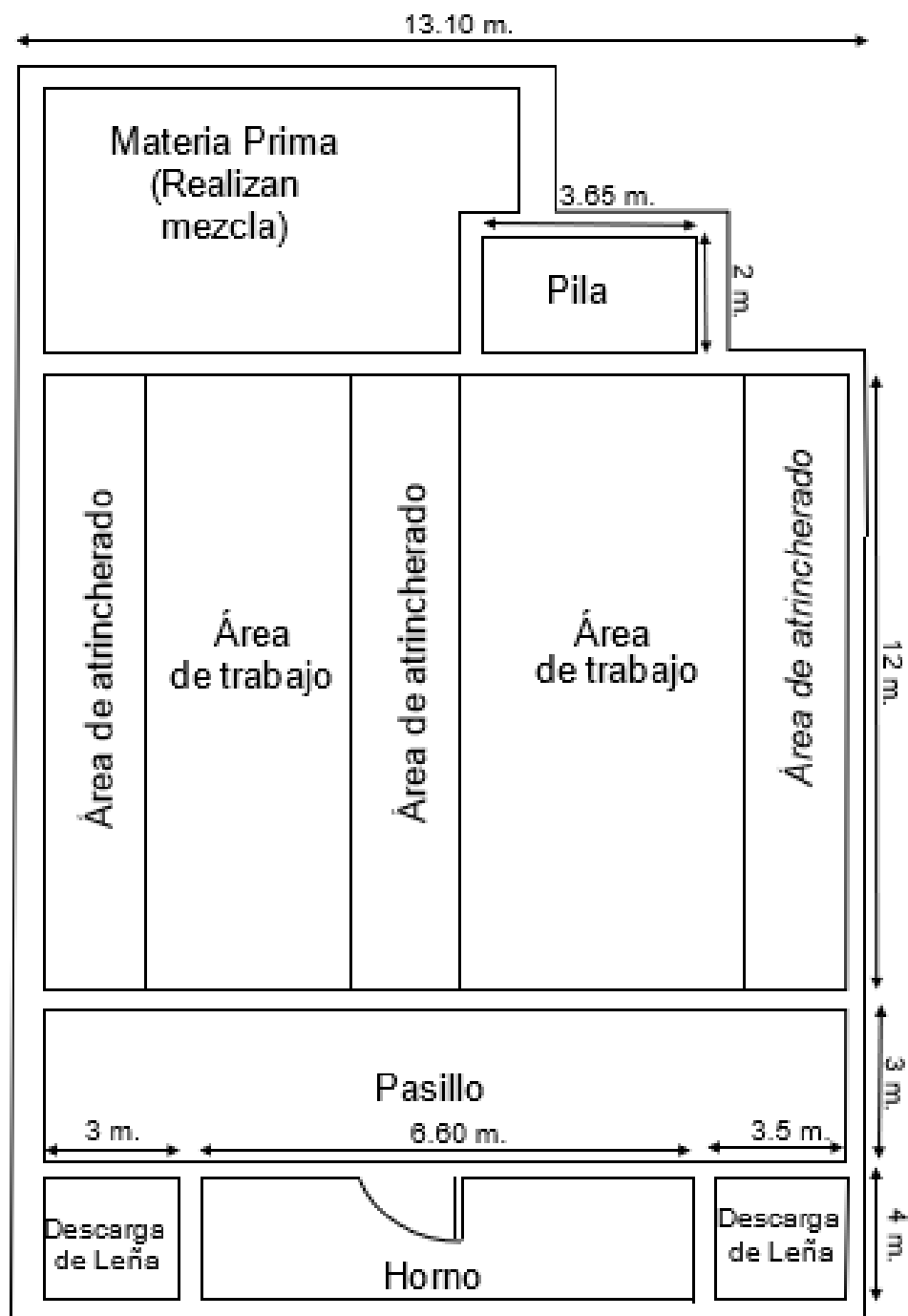


Ilustración 23. Layout del área a estudiar. Fuente: Elaboración Propia. Fecha de elaboración: 01-noviembre-2021

Analizar cualquier operación manual a través de un estudio de tiempos para identificar la duración que conlleva cada actividad del proceso. Para la ejecución de este objetivo fue necesario realizar el procedimiento como a continuación se plasma:

3.2. ESTUDIO DE TIEMPOS

Para el estudio de tiempos fue necesario analizar las causas del problema y se realizaron observaciones que permiten determinar los tiempos, se decidió utilizar el método estadístico para la toma de muestras preliminares. Este método sugiere que, si el tiempo de ciclo es menor a dos minutos, las observaciones preliminares deben ser 10, en caso contrario el número de observaciones preliminares debe ser 5.

Una vez realizadas estas observaciones preliminares, se calculan las variables necesarias para hallar el número de observaciones requeridas. Para aplicar el método estadístico es necesario utilizar la siguiente formula:

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

Dónde:

n= Número de Observaciones

n`= Número de observaciones preliminares

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

$\sum x$ = Sumatoria del valor de los datos

40= Coeficiente utilizado para un intervalo de confianza de 95.4%

Ya establecidas las observaciones y tomados los tiempos de cada elemento que divide a la respectiva etapa del proceso de producción de ladrillo véase en el apartado de anexos (Anexo 2. Lecturas de las actividades del proceso de producción de ladrillo), es necesario realizar el estudio de tiempos como se muestra a continuación, cabe mencionar que la unidad de medida utilizada para el análisis es en minutos:

Tabla 8. Formato para estudio de tiempos.

ACTIVIDAD					
Total	Tiempo Promedio	Valoración	Tiempo Básico	Suplementos (%)	Tiempo Tipo
				Tiempo Ciclo	

Fuente: Elaboración Propia

Fecha de Elaboración:01/Noviembre/2021

La columna total, representa la sumatoria de todas las observaciones tomadas y la siguiente columna es un promedio de estas observaciones.

En cuanto a la valoración del ritmo de trabajo, (Criollo, 2005) establece un método de calificación titulado “nivelación” que se basa en la tabla de Westinghouse la cual considera principalmente cuatro factores: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia. La calificación de la actuación es la técnica utilizada para determinar equitativamente el tiempo requerido por un operador normal y se establece mediante un porcentaje.

El tiempo básico se encuentra establecido por una fórmula, es decir, el producto del tiempo promedio por el porcentaje de valoración.

En la siguiente columna titulada, suplementos (Criollo, 2005) plantea una tabla “Sistema de suplementos por descanso como porcentaje de los tiempos normales” que se puede apreciar en el apartado de anexos (Anexo 3. Tabla de suplementos). Estos suplementos se agregan al tiempo de acuerdo con el criterio del analista y el desempeño observado respecto al trabajador.

Respecto a la obtención de los suplementos por condiciones atmosféricas, se desarrolló otro proceso debido a que no disponía con el termómetro de Kata para tomar los valores de la escala ya establecida, por lo tanto, el proceso manual consiste en la aplicación y desarrollo de la siguiente formula:

$$SD = e^{(-41.5+0.0161W+0.497TGBH)} + e^{(\Sigma -41.5+0.0161W+0.497TGBH)}$$

Dónde:

SD= Suplementos por Descanso.

W= Consumo de energía al trabajar.

TGBH= Temperatura global de bulbo húmedo (°F).

El resultado obtenido al desarrollar la fórmula es necesario multiplicarlo por 100 para obtener el porcentaje requerido en los suplementos posteriormente esta cantidad se suma al resto del porcentaje de suplementos obtenido con la tabla ya establecida.

Al ya tener el porcentaje total de suplementos se realiza una multiplicación de estos por el tiempo básico.

Finalmente, la columna del tiempo tipo consiste en solo sumar las cantidades del tiempo básico más los suplementos. Y el tiempo estándar, es el tiempo que se concede para efectuar una tarea y este se obtiene con la sumatoria de la columna del tiempo básico.

Realizar un diagrama bimanual para estudiar las operaciones repetitivas en cada elemento por separado y en relación con las demás para identificar solo los movimientos necesarios. En la ejecución de este objetivo fue necesario estudiar los procesos una serie de veces tanto en el momento exacto de la realización de las actividades como en los vídeos tomados del trabajador y de esta manera captar todos aquellos movimientos realizados por sus manos.

3.3. ESTUDIO DE MOVIMIENTOS

Ahora bien, para el estudio de movimientos, se realizó un diagrama bimanual que muestra todos los movimientos realizados por la mano izquierda y por la mano derecha y la relación que existe entre ellos. El diagrama bimanual sirve principalmente para estudiar operaciones repetitivas, en cuyo 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 le atribuye un sentido ligeramente distinto para que abarquen más detalles, tal como se aprecia (Anexo 4. Simbología del

diagrama bimanual) y el formato para el análisis (Anexo 5. Formato del diagrama bimanual) que se encuentran ubicados en el apartado de anexos. (Criollo, 2005)

Desarrollar el método OWAS para evaluar los procesos de fabricación de ladrillo donde se efectúan cargas menores identificando algunas mejoras para reducir los riesgos que sufre el trabajador al ejecutarlas. El desarrollo del método en cuestión consiste en lo siguiente:

3.4. MÉTODO DE ERGONOMIA OWAS

El método OWAS se caracteriza por valorar todas las posturas que adapta un trabajador durante el desempeño de la tarea de manera conjunta.

En esta ocasión se evalúan algunas de las etapas del proceso de elaboración de ladrillo con este método, ya que son los procesos donde se efectúan cargas menores hablando en si del transporte de lodo, raspado, atrincherado, carga/descarga del ladrillo, y carga/descarga al camión, teniendo en consideración que dicho método evalúa hasta 20 kg, todo esto con la finalidad de identificar algunas mejoras en dicho proceso para reducir los riesgos.

Para el desarrollo de dicho método se hizo uso de la tabla siguiente para la evaluación de cada postura, cuyo orden está en función de la posición de la espalda, los brazos y las piernas, así como la carga soportada, configurando el “código de postura” y por ende el número de posición correspondiente en la que ha sido observada.

Tabla 9. Formato para el método OWAS.

Asignación de códigos en postura			
Imagen del proceso a evaluar.	Postura	Código	Posición
	Posición de la espalda		
	Posición de los brazos		
	Posición de las piernas		
	Carga o fuerza		

Fuente: Elaboración Propia

Fecha de Elaboración: 13/Julio/2022

Para asignar el código y el número de posición a cada uno de los procesos antes mencionados es necesario analizar cuantas veces sea necesario dicho proceso a evaluar con el método así mismo apreciar las siguientes ilustraciones 2,3,4 y 5 ya que estas nos ayudaran a evaluar y a ponderar las 4 diferentes posturas que se necesitan para realizar una correcta evaluación, cabe mencionar que se estiman dependiendo el analista en la posición en la que es observada.

Para conocer a qué categoría de riesgo pertenece cada postura se empleará el uso de la tabla 1 titulada Categoría de riesgos por códigos de postura. En ella, a partir de cada dígito del Código de postura, se indica la Categoría de riesgo a la que pertenece la postura esto analizando e intersectando el número de posición correspondiente a cada postura.

Posteriormente de cada una de las posiciones a evaluar se deberá calcular la Categoría de riesgo de cada una de ellas véase en la ilustración 6 categoría de riesgos y acciones correctivas. Existen cuatro Categorías de riesgo numeradas del 1 al 4 en orden creciente de riesgo respecto a su efecto sobre el sistema músculo-esquelético. Cada una, a su vez, establece la prioridad de posibles acciones correctivas.

Conocidas las Categorías de riesgo de cada postura es posible determinar cuáles son aquellas que pueden ocasionar una mayor carga postural para el trabajador.

Finalmente cabe mencionar que existe una última tabla la cual es para considerar el riesgo de todas las posturas de forma global, es necesario calcular la frecuencia relativa de cada posición adoptada por cada miembro. Es decir, en qué porcentaje del total de posturas registradas, cada miembro se encuentra en una posición determinada y finalmente lo podemos evaluar en la tabla 3.

Es importante resaltar que este último paso relacionado a la obtención de la frecuencia relativa para obtener las posturas de forma global se omite ya que el análisis solo se enfoca a un solo trabajador y por ende la actividad se repite las veces que se requiera según sea el proceso que se ejecute por lo que sus posiciones serán las mismas.

Ejecutar el método NIOSH para evaluar los procesos de fabricación de ladrillo donde se efectúan cargas excesivas, logrando así, evitar o reducir el riesgo al sistema músculo esquelético que sufre el trabajador. La aplicación del método se realiza de la siguiente manera:

3.5. METODO DE ERGONOMIA NIOSH

Después de haber analizado los procesos un número considerable de veces e identificado aquellas actividades donde su peso superaba el máximo recomendado de 23 kg., se continuo con la aplicación del método donde se inició por la toma de los datos pertinentes para cada tarea. Los datos necesarios son:

- 1) El peso del objeto manipulado en kilogramos incluido su posible contendor.
- 2) La distancia horizontal (H) y vertical (V) existente entre el punto de agarre y la proyección sobre el suelo del punto medio de la línea que une los tobillos debe medirse tanto en el origen del levantamiento como en el destino del mismo.
- 3) La frecuencia de los levantamientos (F) en cada tarea. Se debe determinar el número de veces por minuto que el trabajador levanta la carga en cada tarea.
- 4) La duración del levantamiento y los tiempos de recuperación. Se debe establecer el tiempo total empleado en los levantamientos y el tiempo de recuperación tras un periodo de levantamiento.

- 5) El tipo de agarre clasificado como bueno, regular o malo.
- 6) El ángulo de asimetría (A) formado por el plano sagital del trabajador y el centro de la carga.

Una vez realizada la toma de datos se procede a calcular los factores multiplicadores para pasar a sustituir en la ecuación de Niosh, esto es posible mediante la aplicación de las siguientes formulas:

- Factor de distancia horizontal (HM):

$$HM=25/H$$

Dónde H: Es la distancia proyectada en un plano horizontal, entre el punto medio de los agarres de la carga y el punto medio entre los tobillos. Medido en centímetros.

- Factor de distancia vertical (VM):

$$VM = (1 - 0.003 |V - 75|)$$

Dónde V: Es la distancia entre el punto medio entre los agarres de la carga y el suelo medida verticalmente.

- Factor de desplazamiento vertical (DM):

$$DM = 0.82 + (4.5 / D)$$

Dónde D: Es la diferencia, tomada en valor absoluto, entre la altura de la carga al inicio del levantamiento (V1) y al final del levantamiento (V2).

- Factor de Asimetría (AM):

$$AM = 1 - (0.0032 * A)$$

Dónde A: Es el ángulo de giro (en grados sexagesimales).

- Factor de frecuencia (FM):

El factor de frecuencia puede calcularse a partir de la Tabla 15. Cálculo del factor de frecuencia mediante la duración del trabajo, de la frecuencia y la distancia vertical del levantamiento, donde a su vez, se necesita de la *Tabla 16. Cálculo de la duración de la tarea*.

En la tabla 16, se establece la duración de las actividades, corta, moderada o larga, ya que se realizó este paso, regresaremos a la tabla 15 donde el valor obtenido es la intersección entre las variables ya mencionadas anteriormente, se explica de manera más concreta en la Tabla 17. Obtención del FM.

Tabla 10. Cálculo del factor de frecuencia

FRECUENCIA elev/min	DURACIÓN DEL TRABAJO					
	Corta		Moderada		Larga	
	V<75	V>75	V<75	V>75	V<75	V>75
< 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: (Diego-Mas, 2015)

Tabla 11. Cálculo de la duración de la tarea.

Tiempo	Duración	Tiempo de recuperación
≤1 hora	Corta	al menos 1,2 veces el tiempo de trabajo
>1 - 2 horas	Moderada	al menos 0,3 veces el tiempo de trabajo
>2 - 8 horas	Larga	

Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Tomando como ejemplo la carga de agua para la realización del lodo o mezcla para la elaboración de ladrillo, se tomó en consideración que el lapso del tiempo en el que el trabajador ejecuta esta actividad es menor a una hora, es decir, una duración corta; en un minuto realiza dos levantamientos y se encontró que la distancia vertical es de 50 cm en otras palabras $V < 75$, teniendo estos datos se buscan en la tabla 13.

Tabla 12. Obtención del FM.

FRECUENCIA elev/min	DURACIÓN DEL TRABAJO					
	Corta		Moderada		Larga	
	$V < 75$	$V > 75$	$V < 75$	$V > 75$	$V < 75$	$V > 75$
< 0,2	1,00	1,00	0,95	0,95	0,85	0,85
0,5	0,97	0,97	0,92	0,92	0,81	0,81
1	0,94	0,94	0,88	0,88	0,75	0,75
2	0,91	0,91	0,84	0,84	0,65	0,65
3	0,88	0,88	0,79	0,79	0,55	0,55
4	0,84	0,84	0,72	0,72	0,45	0,45
5	0,80	0,80	0,60	0,60	0,35	0,35
6	0,75	0,75	0,50	0,50	0,27	0,27
7	0,70	0,70	0,42	0,42	0,22	0,22
8	0,60	0,60	0,35	0,35	0,18	0,18
9	0,52	0,52	0,30	0,30	0,00	0,15
10	0,45	0,45	0,26	0,26	0,00	0,13
11	0,41	0,41	0,00	0,23	0,00	0,00
12	0,37	0,37	0,00	0,21	0,00	0,00
13	0,00	0,34	0,00	0,00	0,00	0,00
14	0,00	0,31	0,00	0,00	0,00	0,00
15	0,00	0,28	0,00	0,00	0,00	0,00
> 15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Entonces el FM o Factor de Frecuencia para la carga de agua es igual a **0.91 unidades**.

- Factor de Agarre (CM)

El factor de agarre puede obtenerse en la tabla 14 a partir del tipo y de la altura del agarre.

Tabla 13. Cálculo del factor de agarre.

TIPO DE AGARRE	$V < 75$	$V \geq 75$
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Malo	0.90	0.90

Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

En general se consideran agarres buenos los llevados a cabo con contenedores de diseño óptimo con asas o agarraderas, o aquellos sobre objetos sin contenedor que permitan un buen asimiento y en el que las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto.

Un agarre regular es el llevado a cabo sobre contenedores con asas o agarraderas no óptimas por ser de tamaño inadecuado, o el realizado sujetando el objeto flexionando los dedos 90°.

Se considera agarre malo el realizado sobre contenedores mal diseñados, objetos voluminosos a granel irregulares o con aristas, y los realizados sin flexionar los dedos manteniendo el objeto presionado sobre sus laterales. La ilustración 24, muestra los tipos de agarre descritos anteriormente.



Ilustración 24. Ejemplos de los tipos de agarre. Fuente: Diego-Mas, J. A. (2015)

Continuando con el ejemplo del factor de frecuencia, en la ilustración 25 se puede apreciar el tipo de agarre considerado como bueno debido a las asas con las que se sostiene el bote y se maneja la misma distancia vertical de 50 cm por lo tanto $V < 75$, la intersección de estos datos en la tabla dará como resultado el factor de agarre.



Ilustración 25. Tipo de Agarre.

Tabla 14. Obtención del CM.

TIPO DE AGARRE	V < 75	V ≥ 75
Bueno	1.00	1.00
Regular	0.95	1.00
Malo	0.90	0.90

Fuente: Elaboración Propia.

Después de calcular todos los factores multiplicadores, es necesario sustituir los resultados en la ecuación de Niosh para obtener el límite recomendado de peso dentro de cada proceso, la fórmula es la siguiente:

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM$$

Conocido el RWL se calcula el Índice de Levantamiento (LI) el cual se trata de el cociente entre el peso de la carga levantada y el límite de peso recomendado calculado para la tarea. Con el resultado de aplicar esta división puede valorarse el riesgo que entraña la tarea para el trabajador. Niosh considera tres intervalos de riesgo:

- Si LI es menor o igual a 1, la tarea puede ser realizada por la mayor parte de los trabajadores sin ocasionar problemas.
- Si LI está entre 1 y 3, la tarea puede ocasionar problemas a algunos trabajadores. Conviene estudiar el puesto de trabajo y realizar las modificaciones pertinentes.
- Si LI es mayor o igual a 3, la tarea ocasionará problemas a la mayor parte de los trabajadores por lo que debe modificarse.

Aplicar el indicador de eficiencia para conocer la capacidad con la que cuenta el trabajador a lo largo del proceso de producción de ladrillo y del mismo modo conocer la influencia de las condiciones de trabajo con respecto a la productividad. Mediante la observación se recopilaron las cantidades necesarias para sustituir con la fórmula establecida en el desarrollo de este objetivo:

3.6. INDICADOR DE EFICIENCIA

En el libro de estudio de trabajo ingeniería de métodos y medición del trabajo, (Criollo, 2005) establece que la eficacia implica la obtención de los resultados deseados y puede ser un reflejo de cantidades, calidad percibida o ambos. En cambio, la eficiencia, punto en el que nos enfocaremos, se logra cuando se obtiene un resultado deseado con el mínimo de insumos, es decir, se genera cantidad y calidad y se incrementa la productividad. Entonces, la eficacia es hacer lo correcto y la eficiencia es hacer las cosas correctamente con el mínimo de los recursos.

Este mismo autor plantea la siguiente fórmula para obtener el porcentaje de eficiencia dentro de un proceso:

$$\text{Porcentaje de eficiencia} = (\text{Capacidad usada} / \text{Capacidad disponible}) \times 100$$

Donde la capacidad usada se tomará como la cantidad producida de tabiques en un día por trabajador y la capacidad disponible es interpretada como la cantidad total de tabiques tendidos en el patio estudiado (ilustración 22), el cociente de estas cantidades será multiplicado por cien para obtener el porcentaje de eficiencia.

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. DIAGRAMAS DE RECORRIDO PARA CONOCER AREAS

Además de plasmar los diagramas de recorrido se añadieron a ellos diagramas de flujo del proceso con la finalidad de describir de una manera más específica que actividades realiza el trabajador en relación con las figuras geométricas resaltadas y de ser necesario, anotar algunas observaciones pertinentes. Por otro lado, estos diagramas incluyen una tabla de resumen donde es más sencillo observar cuantas actividades realiza el trabajador por cada proceso. El layout o diagrama de recorrido, muestra de una manera más resumida todas estas determinaciones, pero destaca el trayecto que el trabajador sigue para cumplir sus objetivos.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN						
Pág. 1 de 1		Método actual	X	Método propuesto		
Proceso:		PREPARACIÓN DEL LADRILLO PARTE I				
Resumen		Operación	Trasporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total	22	12	10	0	0	0
Distancia total (metros)						
Tiempo total (min)						
Actividad		Símbolo		Tiempo (min)	Distancia (metros)	Observaciones
1	Abrir cajete					
2	Desplazarse hacia la pila de agua					
3	Carga de agua					
4	Desplazarse hacia el lugar de preparación de mezcla					
5	Colocar agua a la mezcla					
6	Desplazarse hacia el estiércol					

7	Cargar la carretilla de estiércol				
8	Regresar al lugar de preparación de mezcla				
9	Colocar el estiércol en el piso				
10	Desplazarse hacia el lugar donde está la paja				
11	Cargar la carretilla de paja				
12	Regresar al lugar de preparación de mezcla				
13	Colocar la paja en el piso				
14	Desplazarse al lugar donde se encuentra el aserrín				
15	Cargar la carretilla de aserrín				
16	Regresar al lugar de preparación de mezcla				
17	Colocar el aserrín en el piso				
18	Desplazarse al lugar donde se encuentra la ceniza				
19	Cargar la carretilla de ceniza				
20	Regresar al lugar de preparación de mezcla				
21	Colocar la ceniza en el piso				
22	Colocar todos los insumos reunidos en el cajete				

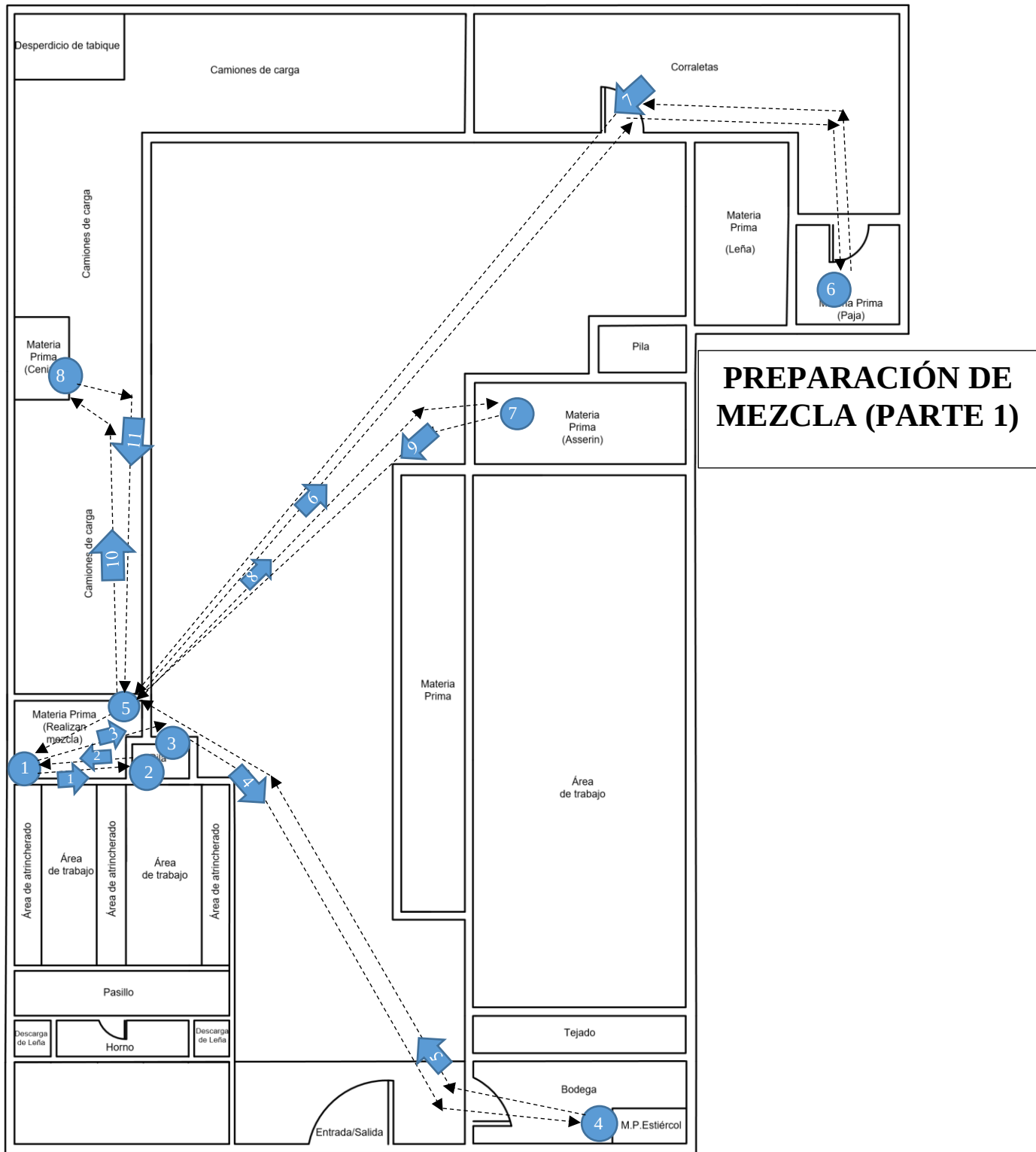


Ilustración 26. Diagrama de recorrido de la preparación de la mezcla (parte I).

Se identificó que esta actividad es cíclica ya que el trabajador ejecuta de la primera a la sexta actividad y posteriormente repite el mismo procedimiento 5 veces más, aunque esta cantidad depende de si la consistencia deseada ya fue alcanzada, en el apartado de resumen del diagrama de flujo del proceso de fabricación se muestran el total de actividades ejecutadas para realizar el lodo.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN						
Pág. 1 de 1		Método actual	X	Método propuesto		
Proceso:		PREPARACIÓN DEL LADRILLO PARTE II				
Resumen		Operación	Trasporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total	36	24	12	0	0	0
Distancia total (metros)						
Tiempo total (min)						
Actividad		Símbolo		Tiempo (min)	Distancia (metros)	Observaciones
1	Batir mezcla					Se repite aprox. 6 veces
2	Desplazarse hacia la pila de agua					Se repite aprox. 6 veces
3	Carga de agua					Se repite aprox. 6 veces
4	Desplazarse hacia el lugar de preparación de mezcla					Se repite aprox. 6 veces
5	Colocar agua a la mezcla					Se repite aprox. 6 veces
6	Batir mezcla					Se repite aprox. 6 veces

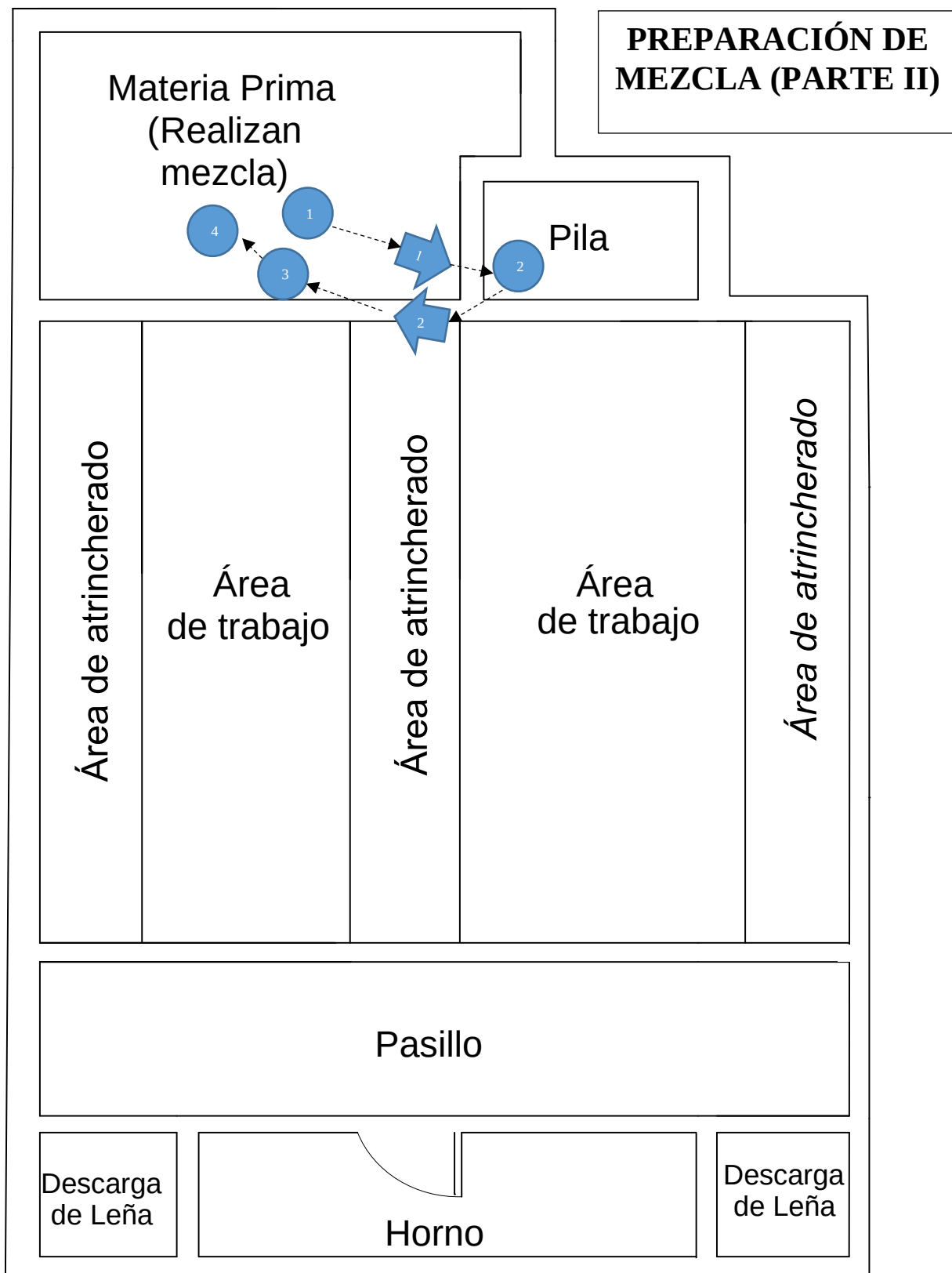


Ilustración 27. Diagrama de recorrido de la preparación de la mezcla (parte II).

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN									
Pág. 1 de 1		Método actual		X		Método propuesto			
Proceso:		TENDIDO DE LADRILLO							
Resumen		Operación	Trasporte	Almacenamiento		Demora		Inspección	
Cantidad total	14	8	6	0		0		0	
Distancia total (metros)									
Tiempo total (min)									
Actividad			Símbolo			Tiempo	Distancia	Observaciones	
1	Rastrillado del área a trabajar.								
2	Dirigirse a la pila.								
3	Recoger tabiquera.								
4	Volver al área de trabajo.								
5	Colocar tabiquera en posición para comenzar a tender.								
6	Trasladarse al área donde se encuentra la mezcla del ladrillo.								
7	Llenar las dos cubetas de la mezcla para el ladrillo.								
8	Regresar al punto de trabajo.								
9	Alisar la mezcla en la tabiquera.								
10	Ir al bote de agua ubicado a unos metros de donde se tendió.								
11	Tomar agua en las manos								
12	Regresar al lugar de trabajo								
13	Alisar la mezcla con ayuda del agua.								
14	Quitar tabiquera de los ladrillos moldeados.								

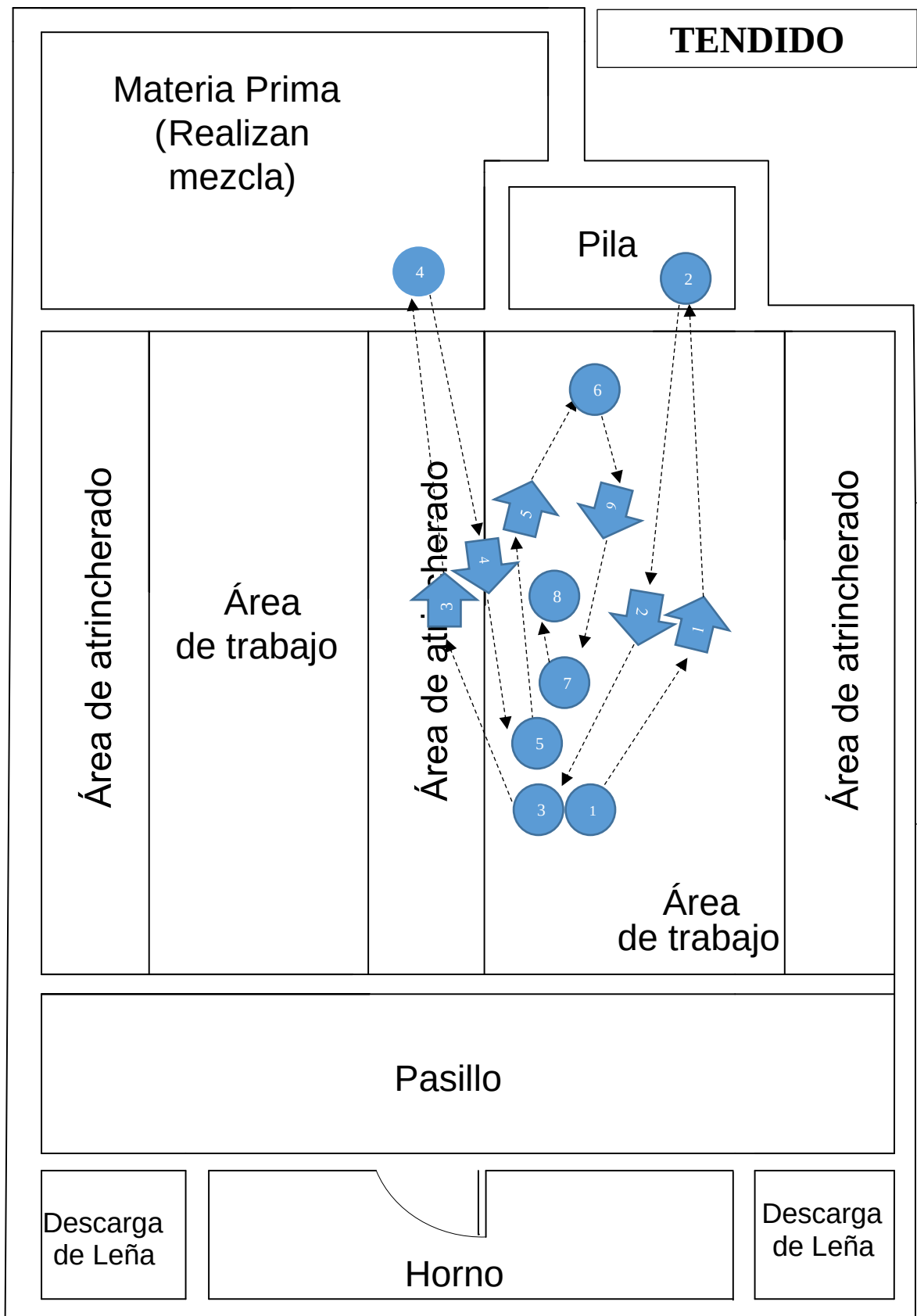


Ilustración 28. Diagrama de recorrido del tendido del ladrillo.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN						
Proceso:		RASPADO DE LADRILLO				
Resumen		Operación	Trasporte	Almacenamiento	Demora	Inspección
Cantidad total	9	7	3	0	0	0
Distancia total (metros)						
Tiempo total (min)						
Actividad		Símbolo			Tiempo	Distancia
					Observaciones	
1	Colocarse en posición.					
2	Raspar la tabiquera (10 ladrillos).					
3	Desplazarse a la siguiente tabiquera.					
4	Colocarse en posición.					
5	Raspar la tabiquera.					
6	Desplazarse a la siguiente tabiquera.					
7	Colocarse en posición.					
8	Raspar la tabiquera.					
9	Desplazarse a la siguiente tabiquera.					
10	Repetir el procedimiento dependiendo de la cantidad de ladrillo tendido.					

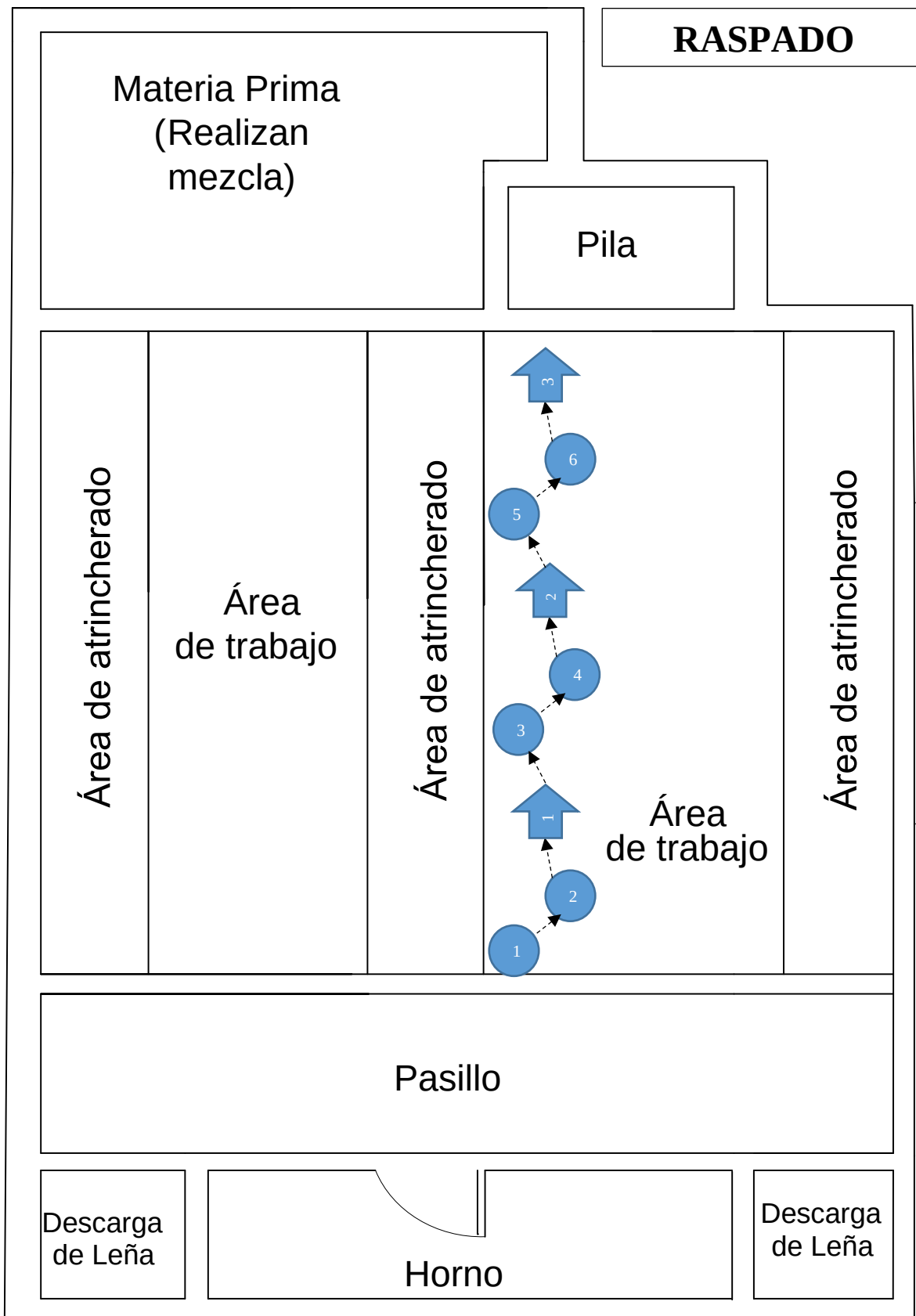


Ilustración 29. Diagrama de recorrido del raspado del ladrillo.

Tras analizar el recorrido seguido por el trabajador para atrincherar el ladrillo se identificó que sus movimientos son muy repetitivos y además mantiene la misma posición hasta que atrincheró todo el ladrillo que anteriormente tendió, ambos diagramas muestran solamente las actividades para 10 ladrillos.

DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN									
Pág. 1 de 1		Método actual		X	Método propuesto				
Proceso:		ATRINCHERADO							
Resumen		Operación	Trasporte	Almacenamiento		Demora		Inspección	
Cantidad total	19	10	9	0		0		0	
Distancia total (metros)									
Tiempo total (min)									
Actividad		Símbolo			Tiempo (min)	Distancia (metros)	Observaciones		
1	Toma y sostiene ladrillos								
2	Desplazarse a los hilos								
3	Colocar ladrillos en hilos								
4	Desplazarse al lugar de raspado								
5	Toma y sostiene ladrillos								
6	Desplazar a los hilos								
7	Colocar ladrillos en hilos								
8	Desplazar al lugar de raspado								
9	Toma y sostiene ladrillos								
10	Desplazarse a los hilos								

11	Colocar ladrillos en hilos				
12	Desplazarse al lugar de raspado				
13	Toma y sostiene ladrillos				
14	Desplazarse a los hilos				
15	Colocar ladrillos en hilos				
16	Desplazarse al lugar de raspado				
17	Toma y sostiene ladrillos				
18	Desplazarse a los hilos				
19	Colocar ladrillos en hilos				