

# FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Industrial

**“PROPUESTA DE MEJORA EN LA ÁREA DE MANTENIMIENTO PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAN DE PISO DE LA EMPRESA INVERSIONES UNIVERSAL S.A.C.”**

**Tesis para optar el título profesional de:  
Ingeniero Industrial.**

**Autor:**

Renzo Gaddy Apresiasiado Gallardo

**Asesor:**

Mg. Rafael Castillo Cabrera

Trujillo – Perú

2019



## DEDICATORIA

*Dedico esta tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su amor y apoyo incondicional sin importar la diferencia de opiniones. A mi padre, que a pesar de la distancia, siento que está siempre conmigo, sé que este momento es tan especial para el como lo es para mi. A mi hermano, a quien quiero mucho, por compartir momentos significativos conmigo. A mi enamorada, por ser mi gran compañía en todos los momentos que pasamos para lograr esta meta.*

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades a lo largo de toda mi vida.*

*A mi madre, que con su demostración de una madre ejemplar me ha enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.*

*A mi padre, que con su apoyo incondicional he logrado llegar hasta esta meta tan especial para mi.*

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE DE TABLAS .....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
RESUMEN.....	10
ABSTRACT .....	11
CAPÍTULO I - INTRODUCCIÓN .....	12
1.1. Realidad Problemática .....	13
1.1.1. Antecedentes de la investigación .....	25
A. Internacionales .....	25
B. Nacionales.....	25
C. Locales.....	26
1.1.2. Bases Teóricas.....	26
1.1.2.1. Metodologías diagnósticas .....	22
a. Diagrama de Pareto.....	26
b. Diagrama Ishikawa .....	27
c. Encuesta.....	27
d. Matriz de Indicadores .....	27
e. Matriz de Priorización .....	28
1.1.2.2. Propuesta de Mejora .....	28
a. Plan de Capacitación.....	28
b. RCM: Mantenimiento Centrado en Confiabilidad .....	30
1.1.2. Terminología básica .....	32
1.2. Formulación del problema .....	33
1.3. Objetivos .....	33
1.3.1. Objetivo General .....	33
1.3.2. Objetivos Específicos .....	33
1.6. Hipótesis.....	33
1.6.1. Hipótesis General.....	33
1.5. Variables .....	33
1.5.1. Sistema de variables .....	33
a. Variable independiente .....	33
b. Variable dependiente.....	33
CAPÍTULO II - MEDOTODOLOGÍA .....	34
2.1. Tipo de investigación.....	35
2.2. Materiales, instrumentos y Métodos.....	35

2.3.	Procedimiento .....	36
2.3.1.	Diagnóstico de la realidad actual .....	37
2.3.1.1.	Generalidades de la empresa .....	37
a.	Organigrama .....	37
b.	Misión .....	38
c.	Visión .....	38
d.	Valores.....	38
e.	Principales Productos .....	39
f.	Principales Competidores.....	40
g.	Principales Proveedores.....	40
h.	Principales Clientes .....	41
i.	Mapa de Valor.....	42
j.	Proceso productivo del pan de piso.....	43
2.3.2.	Diagnóstico del área problemática .....	46
2.3.3.	Identificación de indicadores actuales.....	46
2.3.3.1.	Priorización de Causas Raíces .....	46
2.3.3.2.	Identificación de los indicadores .....	48
2.3.4.	Desarrollo de la propuesta de mejora .....	55
2.3.4.1.	Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad RCM .....	55
2.3.4.2.	Plan de Capacitación de Mantenimiento.....	104
2.3.5.	Evaluación Económica Financiera .....	109
CAPÍTULO III - RESULTADOS .....		113
CAPÍTULO IV – DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		122
REFERENCIAS.....		126
ANEXOS .....		129

## ÍNDICE DE TABLAS

- Tabla N°01 – *Consumo y Gasto de pan en España.*
- Tabla N°02 – *Evolución del precio del pan en los distritos de Trujillo, Víctor Larco Herrera y La Esperanza (nuevos soles).*
- Tabla N°03 – *Data histórica de Producción desde Junio 2018 a Mayo 2019.*
- Tabla N°04 – *Cuadro de fallas de la balanza digital DS 600, Junio 2018 - Mayo 2019.*
- Tabla N°05 – *Cuadro de fallas de la Amasadora NOVA KN100, Junio 2018 - Mayo 2019.*
- Tabla N°06 – *Cuadro de fallas de la Horno artesanal de leña, Junio 2018 - Mayo 2019*
- Tabla N°07 – *Resultados del cuadro de fallas al año, por máquina.*
- Tabla N°08 – *Panes faltantes Junio 2018 - Mayo 2019.*
- Tabla N°09 – *Panes sobrantes Junio 2018 - Mayo 2019.*
- Tabla N°10 – *Panes devueltos Junio 2018 - Mayo 2019.*
- Tabla N°11 – *Cuadro resumen de actividades del proceso productivo del pan de piso.*
- Tabla N°12 – *Diagrama analítico de proceso de la línea de producción pan de piso.*
- Tabla N°13 – *Cuadro de causas raíces en el área de mantenimiento.*
- Tabla N°14 – *Matriz de priorización de las causas raíces.*
- Tabla N°15 – *Cuadro de impacto porcentual de causas raíces.*
- Tabla N°16 – *Tiempo operativo al año, por máquina.*
- Tabla N°17 – *Disponibilidad de cada máquina.*
- Tabla N°18 – *Producción promedio con máquinas sin averías.*
- Tabla N°19 – *Producción promedio con máquinas con fallas.*
- Tabla N°20 – *Tiempos de reparación de las máquinas, en 2018.*
- Tabla N°21 – *Tiempos de reparación de las máquinas, en 2019.*
- Tabla N°22 – *Tiempo total de reparación por máquina.*
- Tabla N°23 – *Tiempo de funcionamiento anual de equipos de panadería.*
- Tabla N°24 – *Tiempo de funcionamiento anual de equipos de panadería.*
- Tabla N°25 – *Matriz de Diganóstico actual del área de Mantenimiento de la empresa.*
- Tabla N°26 – *Índice de cumplimiento de producción.*
- Tabla N°27 – *Variabilidad de cumplimiento de producción entre Abril y Mayo 2019.*
- Tabla N°28 – *Variabilidad de costo correctivo de mantenimiento, por máquina entre Abril y Mayo 2019.*
- Tabla N°29 – *Indicadores operativos de las máquinas de la línea de producción de pan piso.*
- Tabla N°30 – *Cuadro de información de la Balanza digital.*
- Tabla N°31 – *Cuadro de información de la Amasadora.*
- Tabla N°32 – *Cuadro de información del Horno Artesanal.*

- Tabla N°33 – *Cuadro de codificación de las piezas por cada máquina.*
- Tabla N°34 – *Hoja de verificación de funciones de la balanza digital.*
- Tabla N°35 – *Hoja de verificación de especificaciones técnicas de la balanza digital.*
- Tabla N°36 – *Hoja de verificación de funciones de la Amasadora.*
- Tabla N°37 – *Hoja de verificación de especificaciones técnicas de la Amasadora.*
- Tabla N°38 – *Hoja de verificación de funciones del horno artesanal.*
- Tabla N°39 – *Resultados de conformidad de funciones y especificación por máquina.*
- Tabla N°40 – *Fallas funcionales y técnicas de la balanza digital.*
- Tabla N°41 – *Fallas funcionales y técnicas de la amasadora industrial.*
- Tabla N°42 – *Fallas funcionales y técnicas del horno artesanal.*
- Tabla N°43 – *Fallas funcionales y técnicas de las máquinas.*
- Tabla N°44 – *Nivel de gravedad en el AMEF.*
- Tabla N°45 – *Nivel de ocurrencia en el AMEF.*
- Tabla N°46 – *Nivel de detección n. en el AMEF.*
- Tabla N°47 – *Nivel de Prioridad de Riesgo de las máquinas.*
- Tabla N°48 – *Acciones correctivas y preventivas de mantenimiento.*
- Tabla N°49 – *Ponderación de criticidad de las máquinas.*
- Tabla N°50 – *Matriz de Criticidad de las máquinas.*
- Tabla N°51 – *Resultados de criticidad de las máquinas.*
- Tabla N°52 – *Cuadro resumen del AMFE de la amasadora.*
- Tabla N°53 – *Matriz de decisión de RCM en la amasadora.*
- Tabla N°54 – *Hoja de decisión de RCM en la amasadora.*
- Tabla N°55 – *Medidas preventivas para el mantenimiento de las tres principales piezas de la amasadora.*
- Tabla N°56 – *Mantenimiento Autónomo.*
- Tabla N°57 – *Plan de Mantenimiento Preventivo para la amasadora.*
- Tabla N°58 – *Programa de mantenimiento preventivo de la amasadora.*
- Tabla N°59 – *Costos de inversión del plan de mantenimiento preventivo de la amasadora.*
- Tabla N°60 – *Formato de auditoría interna de mantenimiento preventivo de las máquinas.*
- Tabla N°61 – *Análisis DAFO.*
- Tabla N°62 – *Objetivos y temas específicos de capacitación.*
- Tabla N°63 – *Programa Anual de capacitación de Mantenimiento.*
- Tabla N°64 – *Costo HH extra.*
- Tabla N°65 – *Nuevos Tiempos de reparación de la amasadora industrial, en 2018.*
- Tabla N°66 – *Nuevos Tiempos de reparación de las máquinas, en 2019.*
- Tabla N°67 – *Costos anuales de Inversión de la ejecución del RCM.*
- Tabla N°68 – *Datos de Préstamo del Banco BANBIF.*
- Tabla N°69 – *Flujo de Caja del proyecto.*
- Tabla N°70 – *Interpretación de resultados del flujo de caja.*

Tabla N°71 – *Periodo de Recuperación en 13 meses.*

Tabla N°72 – *Recuperación de inversión durante los primeros 7 meses.*

Tabla N°73 – *Recuperación de inversión durante los últimos 8 meses.*

Tabla N°74 – *Cuadro de nuevos tiempos operativos de las máquinas.*

Tabla N°75 – *Matriz de diagnóstico mejorada de inspección de fallas.*

Tabla N°76 – *Cuadro de número y horas de paradas de la amasadora, con mejora.*

Tabla N°77 – *Análisis de Capacidad de producción con RCM.*

Tabla N°78 – *Nuevos resultados de conformidad y cumplimiento de funciones de la amasadora.*

Tabla N°79 – *Nuevos resultados de conformidad y cumplimiento de especificaciones técnicas de la amasadora.*

Tabla N°80 – *Disponibilidad inherente con mejora.*

Tabla N°81 – *Producción promedio con máquinas sin averías.*

Tabla N°82 – *Producción promedio con mejora en la amasadora industrial.*

Tabla N°83 – *Nuevo tiempo total de reparación, por máquina.*

Tabla N°84 – *Índice de cumplimiento de producción, con mejora.*

Tabla N°85 – *Variabilidad de cumplimiento de producción, entre Abril y Mayo 2019.*

Tabla N°86 – *Variabilidad de costo correctivo por estación, entre Abril y Mayo 2019.*

Tabla N°87 – *Indicadores operativos de mantenimiento, con mejora.*

Tabla N°88 – *Comparación de indicadores.*



## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura N° 01* – Precio promedio de los diferentes tipos de pan, según establecimiento de venta.
- Figura N° 02* – Producción de pan de piso desde Junio 2018 a Mayo 2019.
- Figura N° 03* – Pan de piso faltante Junio 2018 - Mayo 2019.
- Figura N° 04* – Pan de piso sobrante Junio 2018 - Mayo 2019.
- Figura N° 05* – Pan de piso devuelto Junio 2018 - Mayo 2019.
- Figura N° 06* – Diagrama Ishikawa de la Área de Mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- Figura N° 07* – Organigrama de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- Figura N° 08* – Valores Fundamentales.
- Figura N° 09* – Tipos de Pan.
- Figura N° 10* – Principales competidores.
- Figura N° 11* – Mapa de Valor de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- Figura N° 12* – Diagrama de operaciones del proceso productivo de Pan de piso.
- Figura N° 13* – Diagrama de flujo del proceso productivo de pan de piso.
- Figura N° 14* – Diagrama Pareto de las causas raíces de la Área de Mantenimiento.
- Figura N° 15* – Las 7 fases de proceso de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad.
- Figura N° 16* – Fórmula para la codificación de las piezas de las máquinas.
- Figura N° 17* – Árbol de fallas de la balanza digital.
- Figura N° 18* – Árbol de fallas de la amasadora industrial.
- Figura N° 19* – Árbol de fallas en el horno artesanal de leña.
- Figura N° 20* – Procedimiento de la ejecución del AMEF.
- Figura N° 21* – Arbol I de decisión de RCM.
- Figura N° 22* – Arbol II de decisión de RCM.
- Figura N° 23* – Ficha técnica.
- Figura N° 24* – Ficha de limpieza general de la máquina.
- Figura N° 25* – Carta de lubricación para las máquinas.
- Figura N° 26* – Carta de lubricación para las máquinas.
- Figura N° 27* – Carta de lubricación para las máquinas.
- Figura N° 28* – Procedimiento estándar de Mantenimiento Preventivo y Autónomo.
- Figura N° 29* – Procedimiento estándar de Mantenimiento Correctivo.
- Figura N° 30* – Las 4 etapas de un plan de capacitación de mantenimiento.
- Figura N° 31* – Comportamiento del TIR, durante 12 meses.
- Figura N° 32* – Comportamiento del VAN, durante 12 meses.
- Figura N° 33* – Comparativo de Producción sin Mejora y con Mejora.

*Figura N° 34* – Comparación de producción por día.

*Figura N° 35* – Comparación de % de capacidad de producción.

*Figura N° 36* – Comparación de indicadores monetarios.

## RESUMEN

El presente informe de investigación está centrado en la empresa Inversiones Universal S.A.C. ubicada en el rubro de panadería y pastelería la cual está dedicada a la fabricación y comercialización de panes en la ciudad de Trujillo, para lo cual se ha realizado un diagnóstico que dio como resultado el problema principal de los costos que se tienen en el área de mantenimiento de la línea de producción con mayor demanda, siendo esta la de pan de piso; lo que genera una pérdida anual total de S/. 7,396.40.

Para dar solución a este problema, se ha utilizado una gran metodología de la ingeniería industrial, como es el RCM, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad. La aplicación de esta metodología, ha generado una mejora en la disponibilidad de las máquinas industriales, de un 97.86% a un 98.91%; de igual modo que la confiabilidad mejoró de 58.98% a 76.80% generando un ahorro de S/.4,190.42 al año.

Finalmente, se desarrolló un análisis económico y financiero para evaluar la factibilidad económica de la implementación de la propuesta de mejora, obteniendo un valor actual neto (VAN) de S/. 18,707.35; una tasa interna de retorno (TIR) del 23.16% y un B/C de 2.70; lo cual se interpreta como un proyecto viable y rentable para realizar en la presente empresa.

**Palabras claves:** RCM (Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, ROI (Retorno de la Inversión), AMEF (Análisis de modo y efecto de fallos).

## ABSTRACT

This research report is focused on Inversiones Universal S.A.C. located in the bakery and pastry sector which is dedicated to the manufacture and participation of panels in the city of Trujillo, for which a diagnosis has been made that resulted in the main problem of the high operating costs that are in the maintenance area of the production line with the highest demand, being that of floor bread; which generates a total annual loss of S/. 7,396.40.

To solve this problem, a great methodology of industrial engineering has been used, such as the RCM, Reliability Centered Maintenance. The application of this methodology has generated an improvement in the availability of industrial machines, from 97.86% to 98.91%; Similarly, reliability improved from 58.98% to 76.80%, generating savings of S/. 4,190.42 per year.

Finally, an economic and financial analysis was developed to evaluate the economic feasibility of the implementation of the improvement proposal, obtaining a net present value (NPV) of S/. 18,707.35; an internal rate of return (IRR) of 23.16% and a B/C of 2.70; which is interpreted as a viable and profitable project to carry out in this company.

**Keywords:** RCM (Reliability Centered Maintenance), ROI (Return on Investment), AMEF (Failure mode and effect analysis).

# CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Realidad Problemática

Hoy en día, la industria panadera en el mundo abarca gran parte del consumo diario de la población, la cual exige diversos tipos de formas, gustos y sabores, en combinación al fuerte clima; las cuales son de gran influencia en el incremento de la demanda de estos productos, con más valor nutricional y mayor precio. Esto conlleva al desarrollo de nuevos productos de panadería; una mayor inversión en el mantenimiento de su equipos, herramientas y máquinas; así como el cambio de paradigma en las personas de que el pan es un producto que genera un incremento en el peso corporal.

Según la Association Internationale de la Boulangerie Industrielle (AIBI, 2015) el mercado del sector panadero en Europa, produjo un total de 35.065.028 toneladas de pan. En España, también ocupa una posición muy destacada en la economía nacional, ya que el 37 % de las empresas de la industria de la alimentación y bebidas se dedican a la fabricación de productos de panadería y pastas alimenticias. De la misma forma, según datos del Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente (MAGRAMA, 2013) el mercado español de consumo de pan en el hogar se situó en 1,69 millones de toneladas, por un valor cercano a 3.936 millones de euros. Estas cifras suponen un aumento interanual del 2,8% en volumen y un ligero repunte en valor del 1,2%. Los panes frescos y congelados tienen un valor de de 1,42 millones de toneladas y 3.221 millones de euros, mientras que las restantes 271.142 toneladas y 715.203 euros corresponden a los panes industriales (Ver Tabla nº01).

Tabla nº01

*Consumo y Gasto de pan en España.*

AÑO 2013	CONSUMO		GASTO	
	VOLUMEN (Miles Kgs)	PER CÁPITA	VALOR (Miles Euros)	PER CÁPITA
<b>TOTAL PAN</b>	1.699.095,44	37,41	3.936.250,44	86,67
<b>PAN FRESCO Y CONGELADO</b>	1.427.952,75	31,44	3.221.046,68	70,92
PAN FRESCO INTEGRAL	133.997,95	2,95	332.793,43	7,33
PAN FRESCO NORMAL	1.293.963,34	28,49	2.888.297,20	63,60
PAN FRESCO SIN SAL	17.847,84	0,39	40.290,51	0,89
PAN INDUSTRIAL	271.142,69	5,97	715.203,76	15,75
<b>PAN INDUSTRIAL FRESCO</b>	195.850,22	4,31	444.629,76	9,79
PAN IND.F.INTEGRAL	30.804,88	0,68	66.472,67	1,46
PAN IND.F.NORMAL	134.759,88	2,97	270.056,05	5,95
PAN IND.F.S/CORTEZ	30.285,46	0,67	108.101,04	2,38
PAN IND.F.ENRIQUEC	76.625,71	1,69	167.852,29	3,70
PAN INDUSTRIAL SECO	75.292,46	1,66	270.574,00	5,96

Fuente: MAGRAMA

Por otro lado, según el Instituto de Estudios Económicos y Sociales de la Sociedad Nacional de Industrias (SNI, 2018), destacó que el sector panadero en el Perú mantiene un crecimiento sostenible, pues sólo en los 6 primeros meses del 2018 la elaboración de productos de panadería creció 4,1%, frente a los 3,5% que logró en todo el 2017.

En el Perú, según la Asociación Peruana de Empresarios de la Panadería y Pastelería (ASPAN, 2016) afirma que, hasta el año 2013 las panaderías eran alrededor de 18 mil, de las cuales el 43% se ubican en Lima, seguido por Arequipa (7%), La Libertad (5%), Piura (5%), Callao (4,5%), Lambayeque (4,4%), Junín (4%), Cusco y Ancash (3% cada uno). Asimismo, presentan un déficit de mano de obra puesto que solo el 20% del personal está calificado además de experimentar una alta rotación. De igual forma, menciona que el mercado peruano consume cerca de 30 kg. de pan al año, a diferencia de otros países de la región como Argentina, Chile y Alemania, que el consumo llega a los 50 kg.

Además, de acuerdo al Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI, 2016) en su Encuesta Nacional de Hogares, revela las preferencias del consumidor en Lima Metropolitana, siendo los tipos de panes más demandados; el pan piso, pan integral, el pan ciabatta y el pan de yema, con una participación del 47.18%, 13.75%, 11.35% y 8.74% respectivamente. En mayo del 2010, la Oficina de Estudios Económicos y Estadísticos, a través de la Unidad de Estadística realizó un sondeo de los precios del pan en Lima Metropolitana y Callao; en el cual se obtuvo un precio promedio de venta del pan francés o piso, yema e integral, de 0.15 céntimos la unidad, en tanto que el precio del pan ciabatta fue de 0.16 céntimos. Estos precios comparados con los registrados en el sondeo de abril, muestran que, con excepción del pan francés, que sigue al mismo precio, han sufrido una ligera disminución.

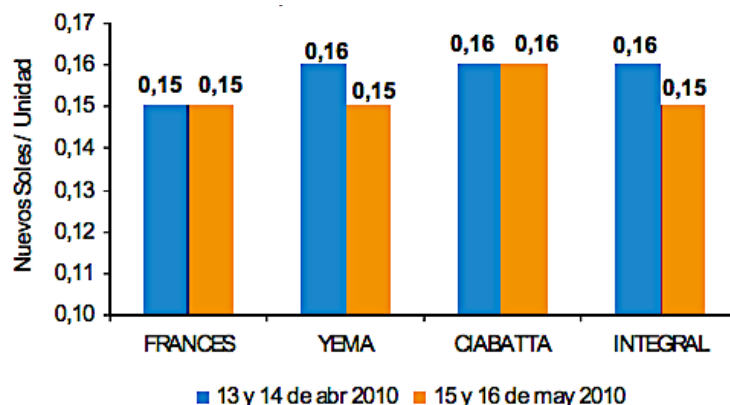


Figura n°01: Precio promedio de los diferentes tipos de pan, según establecimiento de venta.

Cabe resaltar que, según el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOPI, 2015) existen 24 panaderías formales en la ciudad de Trujillo, siendo un factor importante el precio de los diferentes panes que se produce. En base a ello, el precio promedio del pan de piso es de de 0.10 céntimos, a partir del año 2004. Hoy en día, sólo dos panaderías mantienen el precio anterior de S/.0.10; y, las demás incrementaron su precio en 13.6%, siendo una de ellas Inversiones Universal con un precio unitario de 0.125 céntimos (Ver Tabla n°02).

Según el diario El Correo (2014), declara que el porcentaje incrementado en el precio del pan en Trujillo, se debe a que el 70% de la harina de trigo es importada, impactando en un 30% el consumo de pan de los clientes.

Tabla n°02

*Evolución del precio del pan en los distritos de Trujillo, Víctor Larco Herrera y La Esperanza (nuevos soles).*

N°	Distrito	Fecha	Del 20/01/2004 al 08/04/2004	Del 12/04/2004 al 13/05/2004	Del 14/05/2004
			Panadería/Tipo de pan	Francés	Francés
1	Trujillo	Sta Catalina	0,10	0,10	0,10
2		Sandoval	0,10	0,125	0,125
3		Mi Pan	0,10	0,10	0,10
4		Sandoval 2	0,10	0,125	0,125
5		El Mana	0,10	0,125	0,125
6		Betty Luz	0,10	0,10	0,10
7		Mayra	0,10	0,10	0,10
8		Napoitana	0,10	0,10	0,10
9		Bodega Sabina	0,10	0,10	0,10
10		El Rosario	0,10	0,125	0,125
11		Fito Pan	0,10	0,125	0,10
12		Sandoval 3	0,10	0,125	0,125
13		Trujillo Pan	0,10	0,125	0,125
14		San Carlos	0,10	0,125	0,125
15		Central	0,10	0,125	0,125
16		Mana	0,10	0,10	0,10
17		Universal	0,10	0,125	0,125
18	Víctor Larco Herrera	Panateza	0,10	0,10	0,10
19	La Esperanza	Mi Pan	0,10	0,125	0,10
20		Flor de la Esperanza	0,10	0,10	0,10
21		La Humanidad	0,10	0,10	0,10
22		Julio Castro	0,10	0,10	0,10
23		Santa Lucía	0,10	0,10	0,10
24		Mr. Bread	0,10	0,10	0,10

Fuente: ODI-LA LIBERTAD.



En la actualidad, la empresa Inversiones Universal S.A.C. produce 15 tipos diferentes de panes, de los cuales, el pan de piso es el que más se produce, ya que este presenta una fuerte demanda en la ciudad de Trujillo, es por ello que su producción, alcanza más de 100,000 unidades al mes. A partir de ello, se ha determinado que el desarrollo del presente estudio de investigación se enfoque en el pan de piso, el cual ha logrado una producción de 1993144 unidades, en los últimos 12 meses. (Ver Tabla n°03).

Tabla n°03

Data histórica de Producción desde Junio 2018 a Mayo 2019.

PRODUCCION DE PAN EN LA EMPRESA INVERSIONES UNIVERSAL S.A.C									
MES	Piso	Italiano	Apastelado	Manteca	Cachitos	Integral	Chabata	Yema	Frances
Junio	173156	5824	2044	7296	5360	5032	2312	3920	1320
Julio	174264	5992	2196	7608	5200	4980	2436	3744	1424
Agosto	175120	5944	2320	7424	5512	4756	2520	3864	1440
Setiembre	147516	5208	1504	5296	4208	3916	1924	3380	808
Octubre	160748	5868	2016	6936	5112	4108	2040	3516	1180
Noviembre	157440	5592	1868	6196	4512	4136	2052	3708	1208
Diciembre	160812	5280	1728	6000	4720	3872	2032	3640	1104
Enero	171072	6448	2184	7140	4944	4520	2260	4172	1484
Febrero	171500	6488	2200	7292	5280	4800	2288	3920	1240
Marzo	159132	5824	1640	6320	5216	3328	2000	4136	1200
Abril	170160	6760	1976	7584	5468	4732	2300	4320	1456
Mayo	172224	6720	2088	7560	5092	4668	2360	3900	1296
<b>TOTAL</b>	<b>1993144</b>	<b>71948</b>	<b>23764</b>	<b>82652</b>	<b>60624</b>	<b>52848</b>	<b>26524</b>	<b>46220</b>	<b>15160</b>
%	<b>83.997%</b>	3.032%	1.001%	3.483%	2.555%	2.227%	1.118%	1.948%	0.639%

Fuente: Inversiones Universal SAC.

Durante los últimos 12 meses (Junio 2018 - Mayo 2019), se puede evidenciar que la producción de pan de de piso tiene el máximo valor de unidades producidas en la empresa, logrando en Agosto del 2018, 175120 unidades.

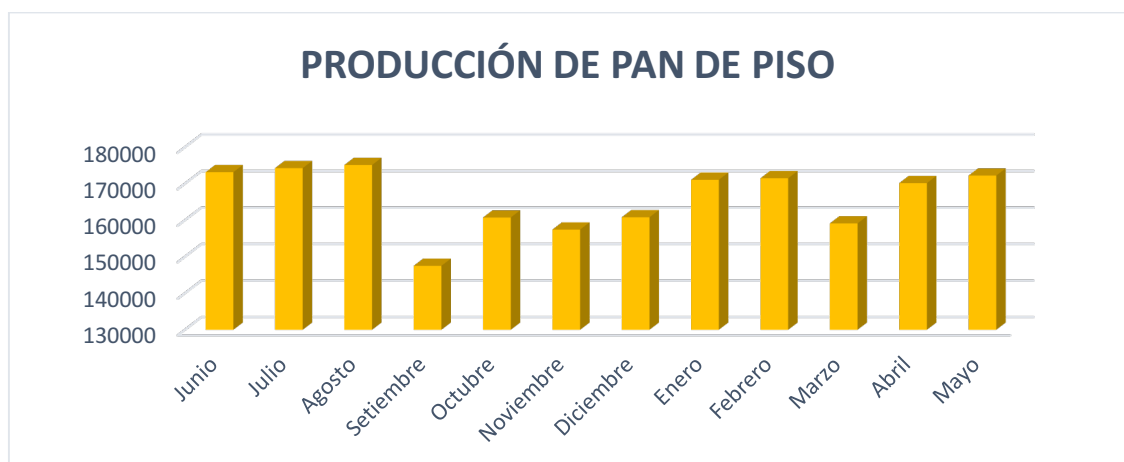


Figura n°02: Producción de pan de piso desde Junio 2018 a Mayo 2019.

Asimismo, durante este tiempo; se ha identificado la existencia de paradas de máquina en la línea de producción de pan de piso, las cuales han generado pérdidas hasta de S/. 2,194.58. Esta gestión actual del mantenimiento de las 3 máquinas utilizadas en el proceso productivo (Balanza Digital DS600, Amasadora Industrial NOVA KN100, Horno Artesanal); ha provocado pérdidas hasta S/. 3,516.82. En otras palabras, no existe control del mantenimiento de estas máquinas, para evitar demoras en el tiempo de reparación de estas, lo cual hace que aumente la pérdida monetaria en S/. 1,683.00, En los siguiente cuadros, se ha detallado el diagnóstico semanal de las fallas registradas, con su respectivo tiempo de parada, en cada una de las 3 máquinas mencionadas:

Tabla nº04

Cuadro de fallas de la balanza digital DS 600, Junio 2018 - Mayo 2019.

MÁQUINA/MODELO	AÑO	MES	Nº fallas	Tiempo por parada (horas)	Fallas funcionales	
BALANZA DIGITAL (DS 6000) CANTIDAD #1	2019	ENERO	1	0	-	-
			2	1	0.5	Cámara de pesaje sucia.
			3	0	-	-
			4	1	1	Sensor de pesaje mal configurado.
		FEBRERO	1	1	1	Display medidor mal calibrado.
			2	0	-	-
			3	1	0.5	Platillo de pesaje en mal estado.
			4	0	-	-
		MARZO	1	0	-	-
			2	0	-	-
			3	0	-	-
			4	1	0.5	Platillo de pesaje en mal estado.
		ABRIL	1	0	-	-
			2	0	-	-
			3	1	0.5	Cámara de pesaje sucia.
			4	1	0.5	Cámara de pesaje sucia.
		MAYO	1	0	-	-
			2	0	-	-
			3	0	-	-
			4	0	-	-
	2018	JUNIO	1	0	-	-
			2	0	-	-
			3	0	-	-
			4	1	0.5	Platillo de pesaje en mal estado.
		JULIO	1	0	-	-
			2	1	1	Display medidor mal calibrado.
			3	0	-	-
			4	0	-	-
		AGOSTO	1	0	-	-
			2	0	-	-
			3	1	1	Sensor de pesaje mal configurado.
			4	0	-	-
		SEPTIEMBRE	1	0	-	-
			2	0	-	-
			3	0	-	-
			4	1	0.5	Cámara de pesaje sucia.
		OCTUBRE	1	0	-	-
			2	1	0.5	Cámara de pesaje sucia.
			3	0	-	-
			4	0	-	-
	NOVIEMBRE	1	0	-	-	
		2	1	1.5	Sistema electrónico fallado.	
		3	0	-	-	
		4	0	-	-	
	DICIEMBRE	1	0	-	-	
		2	1	1	Display medidor mal calibrado.	
		3	0	-	-	
		4	1	1	Sensor de pesaje mal configurado.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°05


Cuadro de fallas de la Amasadora NOVA KN100, Junio 2018 - Mayo 2019.

MÁQUINA/MODELO	AÑO	MES		Nº fallas	Tiempo por parada (horas)	Fallas funcionales	
<p><b>AMASADORA (NOVA KN 100)</b></p> 	2019	ENERO	1	0	-	-	
			2	1	2	Tolva en mal estado.	
			3	0	-	-	
			4	1	1.5	Mal ajuste de las fajas.	
		FEBRERO	1	0	-	-	
			2	1	2	Recalentamiento del motor	
			3	0	-	-	
			4	0	-	-	
		MARZO	1	0	-	-	
			2	1	2.5	Perilla de rodamiento en mal estado.	
			3	0	-	-	
			4	1	1.5	Fajas sucias.	
		ABRIL	1	0	-	-	
			2	0	-	-	
			3	1	2	Tolva en mal estado.	
			4	1	1.5	Fajas sucias/con residuos.	
		MAYO	1	0	-	-	
			2	1	2	Display de velocidad mal calibrado.	
			3	0	-	-	
			4	0	-	-	
	2018	JUNIO	SEMANAS	1	1	2.5	Perilla de rodamiento en mal estado.
				2	0	-	-
				3	1	1	Falta de aceite en los rodamientos.
				4	0	-	-
		JULIO	1	1	1.5	Falta de aceite en el motor.	
			2	1	1	Falta de aceite en los rodamientos.	
			3	0	-	-	
			4	0	-	-	
		AGOSTO	1	1	1.5	Fajas sucias/con residuos.	
			2	0	-	-	
			3	1	1	Tolva sucia.	
			4	0	-	-	
		SEPTIEMBRE	1	0	-	-	
			2	1	2	Display de velocidad mal calibrado.	
			3	1	1	Tolva sucia.	
			4	0	-	-	
		OCTUBRE	1	0	-	-	
			2	0	-	-	
			3	0	-	-	
			4	1	1.5	Falta de aceite en el motor.	
	NOVIEMBRE	1	1	1.5	Fajas sucias/con residuos.		
		2	0	-	-		
		3	1	3	Display de velocidad malogrado.		
		4	0	-	-		
	DICIEMBRE	1	0	-	-		
		2	1	2	Tolva en mal estado.		
		3	0	-	-		
		4	1	1.5	Fajas sucias/con residuos.		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº06

Cuadro de fallas de la Horno artesanal de leña, Junio 2018 - Mayo 2019

MÁQUINA/MODELO	AÑO	MES	Nº fallas	Tiempo por parada (horas)	Fallas funcionales		
	2019	ENERO	1	1	2	Chimenea en mal estado.	
			2	0	-	-	
			3	1	1	Puerta del horno se desprende.	
			4	0	-	-	
		FEBRERO	1	1	2	Grietas en la superficie interior del horno.	
			2	0	-	-	
			3	0	-	-	
			4	0	-	-	
		MARZO	1	1	1.5	Paredes internas dañadas.	
			2	0	-	-	
			3	1	1	Puerta del horno se desprende.	
			4	0	-	-	
		ABRIL	1	1	2	Chimenea en mal estado.	
			2	0	-	-	
			3	1	1.5	Soplete de calentamiento en mal estado.	
			4	0	-	-	
		MAYO	1	0	-	-	
			2	1	2	Grietas en la superficie interior del horno	
			3	0	-	-	
			4	0	-	-	
	2018	JUNIO	SEMANAS	1	1	1	Puerta del horno se desprende.
				2	0	-	-
				3	0	-	-
				4	0	-	-
		JULIO	1	1	1	Chimenea sucia.	
			2	0	-	-	
			3	1	1.5	Paredes internas sucias.	
			4	0	-	-	
		AGOSTO	1	0	-	-	
			2	0	-	-	
			3	0	-	-	
			4	1	1	Puerta del horno se desprende.	
		SETIEMBRE	1	0	-	-	
			2	0	-	-	
			3	1	1.5	Soplete de calentamiento en mal estado.	
			4	0	-	-	
		OCTUBRE	1	1	1	Chimenea sucia.	
			2	0	-	-	
			3	0	-	-	
			4	0	-	-	
	NOVIEMBRE	1	1	1	Puerta del horno se desprende.		
		2	0	-	-		
		3	0	-	-		
		4	0	-	-		
	DICIEMBRE	1	1	2	Grietas en la superficie interior del horno		
		2	0	-	-		
		3	0	-	-		
		4	1	1	Puerta del horno se desprende.		

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto, se ha presentado un total de 53 fallas y 71.5 horas de paradas en las máquinas, durante el proceso de producción del pan de piso; en los últimos doce meses. (Ver Tabla n°07).

Tabla n°07

*Resultados del cuadro de fallas al año, por máquina.*

MÁQUINA	MODELO	CANTIDAD	Nº DE FALLAS	TIEMPO TOTAL DE PARADAS (Horas)
BALANZA DIGITAL	BW 30	1	15	11.5
AMASADORA	Nova KN 100	1	21	36
HORNO ARTESANAL	Horno de Leña	1	17	24
<b>TOTAL</b>			<b>53</b>	<b>71.5</b>

Fuente: Elaboración propia.

Como consecuencia grave de esta problemática, es la producción inadecuada de panes de piso, ya que existen faltantes, sobrantes y devoluciones en los pedidos finales. Es por ello que, en julio del 2018, la empresa alcanzó su mayor total de 1564 unidades de panes faltantes, es decir el 10.16% (Ver Tabla n°08). De igual manera, en Setiembre del mismo año, existió un alto índice de pan de piso sobrante, de 6965 unidades, equivalente a 9.01% (Ver Tabla n°09).

De toda esa cantidad en exceso; los clientes realizaron una devolución de 1308 unidades, durante el mismo mes (Ver Tabla n°10).

Tabla n°08:

*Panes faltantes Junio 2018 - Mayo 2019.*

MES	Panes Faltantes	%
<b>Junio</b>	1360	8.84%
<b>Julio</b>	1450	9.42%
<b>Agosto</b>	1320	8.58%
<b>Setiembre</b>	940	6.11%
<b>Octubre</b>	1120	7.28%
<b>Noviembre</b>	1265	8.22%
<b>Diciembre</b>	1337	8.69%
<b>Enero</b>	1456	9.46%
<b>Febrero</b>	1309	8.51%
<b>Marzo</b>	947	6.15%
<b>Abril</b>	1319	8.57%
<b>Mayo</b>	1564	10.16%
<b>TOTAL</b>	<b>15387</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Inversiones Universal SAC.

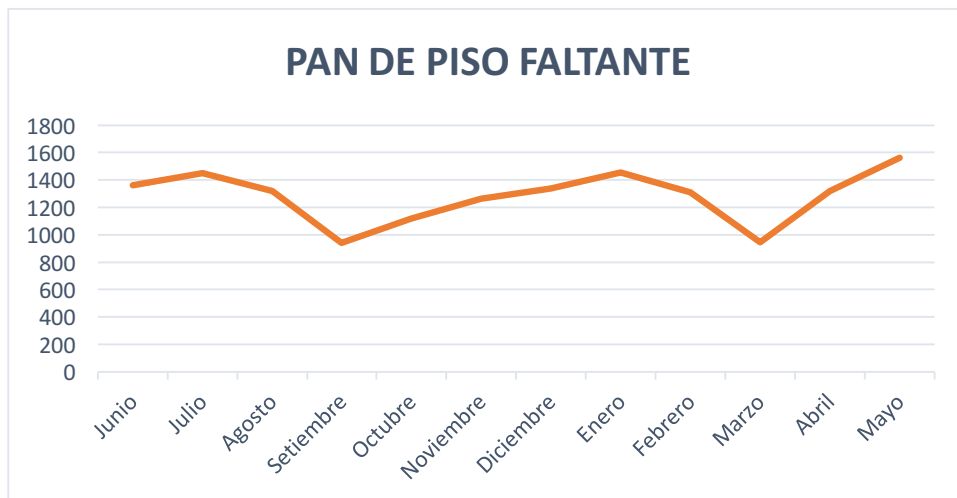


Figura n°03: Pan de piso faltante Junio 2018 - Mayo 2019.

Tabla n°09

Panes sobrantes Junio 2018 - Mayo 2019.

MES	Panes Sobrantes	%
Junio	6824	8.82%
Julio	5987	7.74%
Agosto	5872	7.59%
Setiembre	6965	9.01%
Octubre	6745	8.72%
Noviembre	6720	8.69%
Diciembre	6834	8.84%
Enero	6158	7.96%
Febrero	6061	7.84%
Marzo	6783	8.77%
Abril	6240	8.07%
Mayo	6146	7.95%
<b>TOTAL</b>	<b>77335</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Inversiones Universal SAC.



Figura n°04: Pan de piso sobrante Junio 2018 - Mayo 2019.

Tabla n°10:

*Panes devueltos Junio 2018 - Mayo 2019.*

MES	Panes Devueltos	%
Junio	1224	10.29%
Julio	1320	11.10%
Agosto	948	7.97%
Setiembre	1308	11.00%
Octubre	1224	10.29%
Noviembre	756	6.36%
Diciembre	1284	10.80%
Enero	708	5.95%
Febrero	912	7.67%
Marzo	1176	9.89%
Abril	540	4.54%
Mayo	492	4.14%
<b>TOTAL</b>	<b>11892</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: Inversiones Universal SAC.



*Figura n°05: Pan de piso devuelto Junio 2018 - Mayo 2019.*

Por lo tanto, para un diagnóstico más detallado, se ha identificado las diferentes causas de los costos en la área de mantenimiento de la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

En este contexto evaluado, es que se desarrolla el siguiente estudio de investigación titulado: **“PROPUESTA DE MEJORA EN LA ÁREA DE MANTENIMIENTO PARA REDUCIR LOS COSTOS EN LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE PAN DE PISO DE LA EMPRESA INVERSIONES UNIVERSAL S.A.C.”**



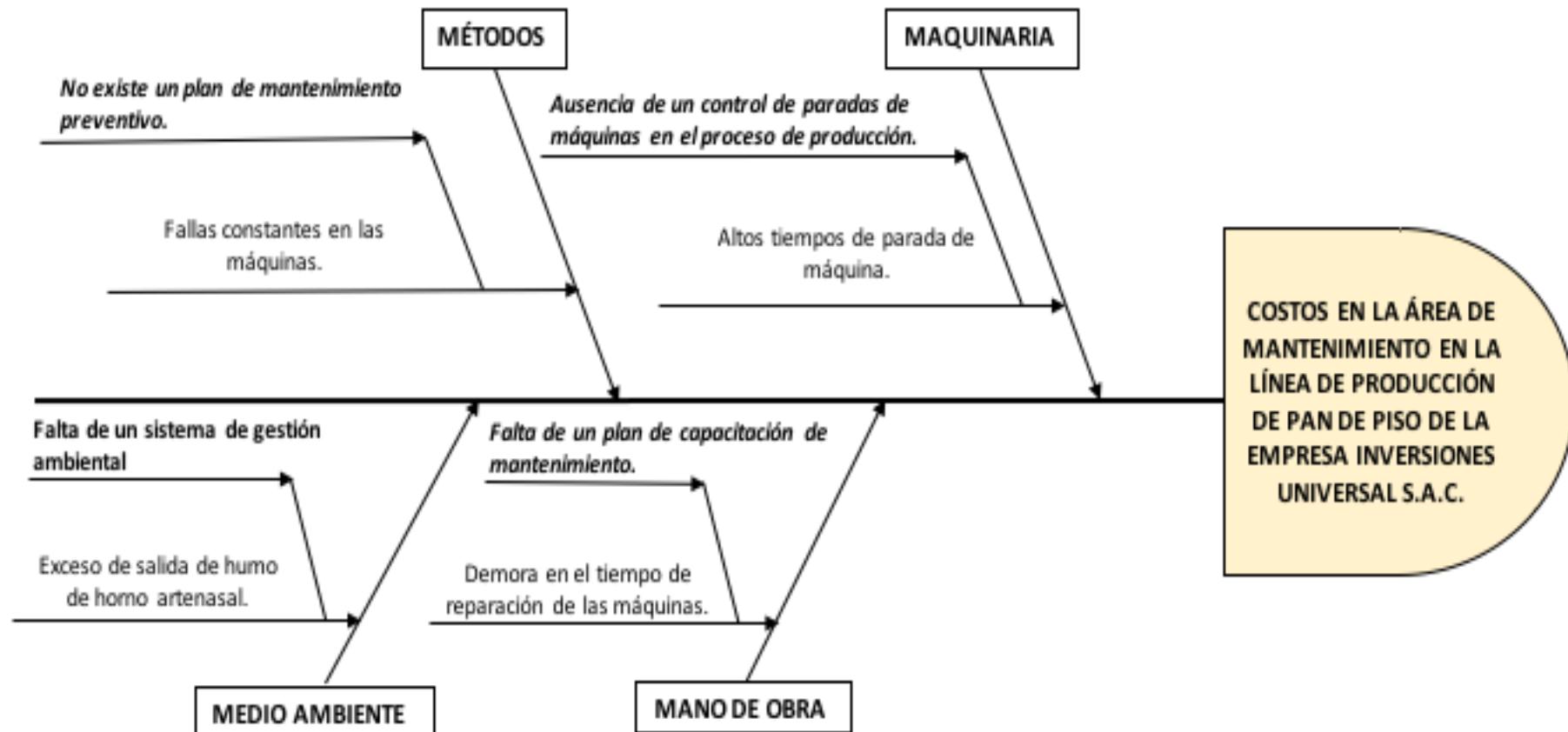


Figura n°06: Diagrama Ishikawa de la Área de Mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

### 1.1.1 Antecedentes de la investigación

Como antecedentes de la presente investigación tenemos las siguientes tesis, tanto internacional, nacional y local, respectivamente:

#### A. Internacional

En el ámbito internacional, Dahbura, Figueroa y Solórazano (2017) en su investigación expone el diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en 5s en una empresa panificadora salvadoreña. A partir de este diseño, se intenta demostrar que se puede llevar un control de las actividades, los costos asociados por mantenimiento y las mejoras en disponibilidad de los equipos. Este plan de mantenimiento requiere de la intervención de todos los actores de producción y administración de la empresa, lo cual permite obtener mejora en la línea productiva a nivel de calidad de producto y reducción de costos de mantenimiento. De esta forma, se afirma que esta tesis puede ser aplicada en empresas panificadoras de El Salvador, que intervengan en la producción, abastecimiento y distribución de pan.

#### B. Nacional

En el ámbito nacional, Paz (2016) en su trabajo de investigación se propone análisis del proceso productivo del pan labranza en la empresa Panadería El Progreso E.I.R.L. de Chiclayo. Este análisis consiste en diagnosticar la situación actual de la empresa, identificando los principales problemas del proceso de producción, que reducen la eficiencia del proceso, con la finalidad de evaluar y proponer un plan de mejora. Mediante la metodología de estudio de trabajo, estudio de tiempos y movimientos y diagramas de procesos, se determinó como cuello de botella la etapa de formado con un tiempo de 77 minutos, realizada artesanalmente; una capacidad ociosa de 27 panes/minuto y un 31,56% de actividades improductivas; además se realizó el diagrama de recorrido donde se detectó un incorrecta distribución de planta, generando con ello demoras en la producción. A partir de ello, se propuso una nueva distribución de planta, así como; nuevas metodologías industrial, obteniendo como resultados que la productividad de mano de obra incrementó un 2 250 pan/día; y la capacidad utilizada en 56,75%. Estos indicadores mejorados, permitió que la producción aumente a 18 000 panes al día, produciendo 30 000 panes/día con una eficiencia del 81,11%.

Del mismo modo, Mejía (2017) en su tesis de investigación, se tiene como objetivo principal proponer un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, para mejorar la productividad de la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L. Esta metodología permite

identificar las necesidades reales de mantenimiento de los activos, asegurando que el activo físico continúe realizando su función para el cual fue diseñado. Para el cumplimiento de ello, se utilizó un análisis AMEF (Análisis de Modo y Efecto Falla) para encontrar todas las formas o modos en los que pueden fallar un activo dentro del proceso. También se realizó una hoja de decisión RCM para seleccionar de forma óptima las actividades de mantenimiento, dando como resultado la elaboración y desarrollo de un plan de mantenimiento preventivo. Mediante la aplicación de este plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad RCM, se mejoró la disponibilidad en un 16% y aumentó la productividad en un 7%. Asimismo, se tendrá un ahorro de S/ 27 387,46 al año.

### C. Local

Finalmente, en el ámbito local, Tapia (2017) en su tesis realiza una propuesta de mejora en el área de producción y mantenimiento para el aumento de utilidades utilizando herramientas de Lean Manufacturing en Panadería Tapia. Se evaluó las causas que ocasionan la disminución en las utilidades, y están relacionadas con los desperdicios de los productos terminados que generan una pérdida de S/. 708.49 soles semanales, S/. 3,036.40 soles mensuales y S/. 36,436.8 anuales en promedio. De esta forma, la aplicación de técnicas de Lean Manufacturing permitieron mejoras en la producción aumentando las utilidades con un beneficio de S/. 1,795.07 soles mensuales en promedio y anualmente de S/. 21,540.80. Por otra parte, en el análisis financiero se obtuvo un VAN S/. 5,648.02 soles, una TIR de 60% y una relación B/C de 3.0, lo que indica que la propuesta es viable. Se concluye que el impacto de la propuesta es positivo y se recomienda su implementación.

## 1.1.2. Bases teóricas

### 1.1.2.1. Metodologías diagnósticas

- a. **Diagrama de Pareto:** Este diagrama consiste en determinar las Causas Raíces que ocasionan el problema en un 80% de impacto.

Así mismo, Besterfield (2009), indica que el procedimiento para elaborar un diagrama de Pareto es el siguiente.

- Determinar el tiempo que se asignará para recabar datos. Se pueden requerir desde unas cuantas horas hasta varios días.
- Elaborar una hoja de trabajo que permita la recopilación de datos.
- Anotar la información de acuerdo a la frecuencia en forma descendente en la hoja de trabajo diseñada, la cual debe tener las columnas de actividad, frecuencia, frecuencia acumulada y porcentaje de frecuencia acumulada.

- Vaciar los datos de la hoja de trabajo en la gráfica de Pareto, la cual es una gráfica de barras acompañada de una serie de datos acumulados.
  - Proyectar la línea acumulativa comenzando de cero hacia el ángulo superior derecho de la primera columna. La línea acumulativa termina cuando se llega a un nivel de 100% en la escala de porcentajes.
  - Trazar una línea paralela al eje horizontal cuando la frecuencia acumulada es del 80%.
- b. Diagrama Ishikawa:** Se utilizó esta herramienta para la determinación de las causas raíces del problema de la empresa.

Montgomery (2005), determina que el diagrama de Causa – Efecto o también llamado Ishikawa, tiene como finalidad, ayudar a los equipos de mejora a detectar los diferentes tipos de causas que influyen en un problema; se seleccionan los principales y se jerarquizan. Un diagrama bien detallado tomará la forma de una espina de pescado, de allí su otro nombre. Las principales características que presenta son que el problema se coloca en el lado derecho del diagrama y para cada efecto surgirán diversas categorías de causas principales que podrán ser resumidas en las llamadas 6 M, que son: máquina, material, método y medida.

- c. Encuesta:** Esta herramienta permite recolectar información de las personas involucradas en el área de estudio, para conocer la importancia de las Causas Raíces.

Cea, García y Corbetta (2004), afirman que la encuesta es el procedimiento de investigación social más utilizado y conocido. Los medios de comunicación, las instituciones públicas y privadas, y en definitiva casi cualquier ámbito de conocimiento hace un uso extensivo de las encuestas para producir y transmitir información. Sus orígenes como herramienta de investigación social se sitúa en el contexto del siglo XIX con el asentamiento de la sociedad industrial, siendo utilizada ya por algunos de los padres fundadores de la ciencia social moderna, como Marx o Weber para conocer aspectos concretos ligados a las nuevas formas de organización del trabajo.

- d. Matriz de indicadores:** Esta matriz fue aplicada para determinar y formular los indicadores para cada Causa Raíz.

Poluha (2007), describe que los indicadores de desempeño en la cadena de suministro deben ser fáciles de definir, aplicar y comprender de tal forma que permitan la toma de decisiones a los ejecutivos y personal relacionado con la cadena de suministro”. Este autor también indica que “al momento de seleccionar los indicadores de desempeño para la cadena de suministro se deben elegir aquellos que sean críticos para alcanzar los objetivos de la empresa a niveles adecuados de prestación de servicios, bajos costos de operación y utilización adecuada de los recursos de la empresa.

Además, Frazelle (2001), define que los indicadores de desempeño logístico pueden ser clasificados en ocho procesos que cubren la cadena de suministro los cuales incluyen: aprovisionamiento/compras, inventarios, gestión de almacenes (recepción, almacenamiento y preparación de pedidos), producción, transporte y distribución, gestión de pedidos.

Por su parte, Gómez (2008) indica que la elección de algunas de estas categorías de indicadores depende de las necesidades de la empresa y los valores en las cuales se han enfocado para medir el desempeño de su sistema logístico y cadena de suministro.

- e. **Matriz de priorización:** Esta matriz permite priorizar las Causas Raíces de mayor a menor impacto.

Camisón, Cruz y González (2006), definen las matrices de priorización como herramientas que sirven para priorizar actividades, temas, características de productos o servicios, etc., a partir de criterios de ponderación conocidos. Además, señalan que el diagrama de Pareto es una herramienta de representación gráfica que identifica los problemas más importantes, en función de su frecuencia de ocurrencia o coste (dinero, tiempo), y permite establecer las prioridades de intervención. En definitiva, es un tipo de distribución de frecuencias que se basa en el principio de Pareto, a menudo denominado regla 80/20, el cual indica que el 80% de los problemas son originados por un 20% de las causas. Este principio ayuda a separar los errores críticos, que normalmente suelen ser pocos, de los muchos no críticos o triviales.

#### 1.1.2.2. Propuesta de mejora:

Por otro lado, para el desarrollo de la propuesta de mejora de la presente tesis, se usaron las siguientes herramientas y/o técnicas de la ingeniería industrial.

- a. **Plan de Capacitación:**

Chiavenato (2009), en su libro "Gestión del Talento Humano, 3ra Edición", define el Plan de Capacitación como un proceso a corto plazo aplicado de manera sistemática y organizada, mediante el cual las personas obtienen conocimientos, aptitudes, y habilidades en función de objetivos definidos.

Según Chaivenato (2009), para elaborar un plan de capacitación de forma correcta debemos seguir lo siguientes pasos:

#### a.1. Detección y análisis de las necesidades.

A través de un análisis DAFO podemos identificar las fortalezas y debilidades en el ámbito laboral, es decir, las necesidades de conocimiento, de desarrollo de competencias y habilidades y de desempeño. Para identificar las necesidades de formación de la empresa, debemos comparar las competencias actuales y las futuras exigidas para cada puesto de trabajo, con el perfil real de cada trabajador. En la actualidad, los puestos de trabajo cambian rápidamente para poder adaptarse al mercado, lo que supone que las exigencias requeridas a los trabajadores también se modifican. Es por esto, que la fase de detección de necesidades se convierte en la pieza clave de todo el proceso de capacitación.

#### a.2. Diseño del plan de capacitación.

Una vez detectadas las necesidades de la organización y de los trabajadores, se elabora el contenido del plan, actividades, cursos, talleres, conferencias. La correcta definición de los objetivos del plan de capacitación conlleva tener en cuenta, la información obtenida sobre las necesidades de la organización y los empleados. Los objetivos que se establezcan han de ser: medibles, alcanzables, retadores, temporizados y concretos para que una vez finalizado el plan de capacitación puedan ser correctamente evaluados.

Los expertos consideran que el diseño de un plan de capacitación debe enfocarse al menos en cuatro aspectos fundamentales:

- Definición de los objetivos de la capacitación: Son los resultados a los que se quiere llegar con el plan de capacitación. Y para ello es necesario definir dos niveles de objetivos.
- Objetivos finales: Indican la conducta que mostrarán los trabajadores al finalizar la capacitación. Pues según, la teoría del aprendizaje, todo conocimiento nuevo adquirido produce en la persona un cambio de conducta. Un ejemplo de ello es la transferencia de los conocimientos adquiridos al puesto de trabajo.
- Objetivos específicos: Son objetivos de menor nivel, éstos se van logrando conforme avanza el desarrollo del plan. Se refieren a conductas observables que el trabajador realiza y, por lo tanto, son directamente evaluables. Expresan un mayor grado de especificidad, por tal razón se les denomina también: objetivos operacionales.

- Deseo y motivación de la persona: Para que se tenga un aprendizaje óptimo, los participantes deben reconocer la necesidad del conocimiento o habilidades nuevas.

#### a.3. Ejecución del plan de capacitación.

Hay que comunicar el plan de capacitación a los trabajadores y proceder a la ejecución de la capacitación, lo que supone que una vez definidos los objetivos generales de la empresa, se crean los programas formativos que a su vez se dividirán en acciones formativas y cursos concretos.

- Adecuación del plan de capacitación a las necesidades de la organización.
- Buscar y valorar la calidad del material de capacitación.
- Cooperación y motivación del personal de la empresa.
- Buscar la calidad y preparación de los formadores.
- Selección de los trabajadores que van a recibir la capacitación.

#### a.4. Evaluación del plan de capacitación.

Se evalúan los resultados del plan, los pros y los contras del mismo, y se analiza lo que no se ha hecho bien, para mejorarlo en el futuro. Para ello, realizamos un proceso de evaluación en el que analizaremos la relación causa-efecto entre las acciones impartidas y la mejora del rendimiento, seguridad y satisfacción laboral en la organización.

### b. RCM:

Según Moubray (2000), el RCM, Mantenimiento centrado en Confiabilidad, es un proceso utilizado para determinar qué se debe hacer para asegurar que cualquier activo físico continúe haciendo lo que sus usuarios quieren que haga en su contexto operacional actual.

El proceso de RCM formula siete preguntas del activo o sistema que se intenta revisar:

- ¿Cuáles son las funciones y los parámetros de funcionamiento asociados al activo en su actual contexto operacional?
- ¿De qué manera falla en satisfacer dichas funciones?
- ¿Cuál es la causa de cada falla funcional?
- ¿Qué sucede cuando ocurre cada falla?
- ¿En qué sentido es importante cada falla?
- ¿Qué puede hacerse para prevenir o predecir cada falla?
- ¿Qué debe hacerse si no se encuentra una tarea proactiva adecuada?

Estas preguntas se basan en los siguiente conceptos:

1. Definición de Funciones y Parámetros de Funcionamiento de cada activo.

- 1.1. Funciones Primarias.
- 1.2. Funciones Secundarias.
2. Identificación de fallas funcionales.
  - 2.1. Circunstancias que llevaron a la falla.
  - 2.2. Eventos causantes de la falla.
3. Identificación de Modos de Falla.
4. Reconocimiento y Evaluación de Efectos de Falla.
  - 4.1. ¿Qué evidencia existe (si la hay) de que la falla ha ocurrido?
  - 4.2. ¿De qué modo representa una amenaza para la seguridad o el medio ambiente (si la representa)?
    - 4.1. ¿De qué manera afecta a la producción o a las operaciones (si las afecta)?
    - 4.2. ¿Qué daños físicos (si lo hay) han sido causados por la falla?
    - 4.2. ¿Qué debe hacerse para reparar la falla?
5. Consecuencias de la falla
  - 4.1. Consecuencias de fallas ocultas.
  - 4.2. Consecuencias ambientales y para la seguridad.
  - 4.2. Consecuencias operacionales.
  - 4.2. Consecuencias no-operacionales.

Las técnicas de manejo de fallas se dividen en dos categorías:

- Tareas proactivas.
    - a. Tareas de reacondicionamiento cíclicas.
    - b. Tareas de sustitución cíclicas.
    - c. Tareas a condición
  - Acciones con falta.
    - a. Búsqueda de fallas.
    - b. Rediseño.
    - c. Ningún mantenimiento programado.
6. Proceso de selección de tareas de RCM.

El proceso de RCM considera los requerimientos de mantenimiento preventivo de cada activo antes de considerar el rediseño de estos. A partir de la aplicación de esta metodología, se lograr encontrar los siguientes resultados:

- Mayor seguridad e integridad ambiental.
- Mejor funcionamiento operacional (cantidad, calidad de producto y servicio al cliente).
- Mayor costo-eficacia del mantenimiento.
- Mayor vida útil de componentes costosos.
- Una base de datos global.
- Mayor motivación del personal.
- Mejor trabajo de equipo.



### 1.1.3. Terminología básica

- a. AMFE: Análisis Modal de Fallos y Efectos. Metodología que se aplica a la hora de diseñar nuevos productos, servicios o procesos.
- b. RCM: Reliability Centred Maintenance, (Mantenimiento Centrado en Fiabilidad/Confiabilidad) es una técnica más dentro de las posibles para elaborar un plan de mantenimiento en una planta industrial y que presenta algunas ventajas importantes sobre otras técnicas. Inicialmente fue desarrollada para el sector de aviación, donde los altos costes derivados de la sustitución sistemática de piezas amenazaba la rentabilidad de las compañías aéreas. Posteriormente fue trasladada al campo industrial, después de comprobarse los excelentes resultados que había dado en el campo aeronáutico.
- c. ROI: Return On Investment, es el valor económico generado como resultado de la realización de diferentes actividades de marketing. Con este dato, podemos medir el rendimiento que hemos obtenido de una inversión.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuál es el impacto de la propuesta de mejora en la área de mantenimiento sobre los costos en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.?

## 1.3. Objetivos

### 1.3.1. Objetivo General

Determinar el impacto de la propuesta de mejora en la área de mantenimiento sobre los costos en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

### 1.3.2. Objetivos Específicos

- Diagnosticar los costos en la área de mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- Desarrollar una propuesta de mejora en la área de mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- Elaborar una evaluación económica y financiera de la propuesta de mejora en la área de mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

## 1.4. Hipótesis

### 1.4.1. Hipótesis general

La propuesta de mejora en la área de mantenimiento reduce los costos en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

## 1.5. Variables

### 1.5.1. Sistema de variables

#### A. Variable independiente

Propuesta de mejora en la área de mantenimiento.

#### b. Variable dependiente

Costos en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

## CAPÍTULO II. METODOLOGÍA

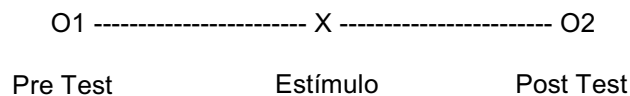
## 2.1. Tipo de Investigación

### 2.1.1. Por la orientación: Investigación Aplicada

El presente proyecto es de Investigación aplicada, ya que; según Bunge (1971), este tipo de investigación tiene como propósito dar solución a problemas concretos e identificables. Esto es equivalente a lo que se ha desarrollado en esta tesis, dando resultados de reducción de costos de la área de mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

### 2.1.2. Por el diseño: Pre-Experimental

El diseño de esta tesis es Pre-Experimental, porque; según Hernández (1998), el grado de control es mínimo y consiste en aplicar un estímulo a las variable de estudio para luego determinar el nivel en que se manifiestan. Además, no existe manipulación de la variable independiente.



O1: Costos en la área de Mantenimiento de la línea de producción de pan de piso. (Observación antes del estímulo).

X: RCM (Mantenimiento Centrado en Confiabilidad) y Plan de Capacitación de Mantenimiento.

O2: Cotos luego de la propuesta de mejora del RCM y Plan de Capacitación de Mantenimiento.

## 2.2. Materiales, instrumentos y Métodos

Se desarrolla el diagnóstico de la empresa, con la finalidad de determinar las Causas Raíces, para lo cual se hacen uso del Diagrama de Ishikawa, Encuesta, Matriz de Priorización, Diagrama de Pareto y de la Matriz de Indicadores.

La propuesta de mejora se diseña a partir de las Causas Raíces encontradas en la etapa diagnóstica para la cual se hace uso de las herramientas de gestión de la Ingeniería Industrial, el cual es el RCM, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad; para reducir los costos en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

### 2.3. Procedimiento

ETAPA	DESCRIPCIÓN
<p align="center"><b>Diagnóstico de la Realidad Actual de la Empresa.</b></p>	<p><b>Ishikawa:</b> Se elabora el Diagrama de Ishikawa para determinar la Causas Raíces.</p>
	<p><b>Encuesta:</b> Se aplica la encuesta a las personas involucradas en el área de estudio, para conocer la importancia de las Causas Raíces.</p>
	<p><b>Matriz de Priorización:</b> Se priorizan las Causas Raíces de mayor a menor impacto.</p>
	<p><b>Pareto:</b> Se realiza el Diagrama de Pareto con la finalidad de determinar las Causas Raíces que ocasionan el problema en un 80% de impacto.</p> <p><b>Matriz de Indicadores:</b> Se determinan y formulan los indicadores para cada Causa Raíz.</p>
<p align="center"><b>Propuesta de Mejora</b></p>	<p>Se aplican las metodologías, herramientas y técnicas de la Ingeniería Industrial para la solución del problema de investigación.</p>
<p align="center"><b>Evaluación económica financiera</b></p>	<p>Para llevar a cabo la evaluación económica financiera, en primer lugar se elaboró el presupuesto de la propuesta de mejora. En segundo lugar, se realizó un flujo de caja proyectado y finalmente se calculó el VAN, TIR, B/C y el período de retorno de la inversión.</p>

## 2.3.1. Diagnóstico de la Realidad Actual de la empresa

### 2.3.1.1. Generalidades de la Empresa

La empresa Inversiones Universal con R.U.C. 20487128512, es una empresa trujillana dedicada al rubro de panaderías creada el año 1983 por los esposos Roger Espejo Sandoval y Elizabeth Fernández Leyva. Su sede principal está ubicada en la Calle Andrés Belaunde N° 508, Urb. Santo Dominguito, además, cuenta con cuatro sucursales más, los cuales se encuentran ubicados en Av. Santa 1485, Av. Jesús de Nazareth Mz. C2 Lt 1, Av. Fátima Mz. K Lt 2 Urb. La Arboleda y Urb. San Isidro 1º etapa Mz. B Lt 4.

Inversiones Universal es una empresa dedicada a la producción y comercialización de panes, buscando implementar mejoras en la línea de producción de pan piso. Es una de las industrias que genera beneficio para las zonas en las que se desarrolla la panadería, la cual ha existido durante mucho tiempo en nuestra ciudad, y que en los últimos años ha crecido de manera exponencial. La mayoría de empresas dedicadas a este rubro son familiares y sobre todo microempresas. Algunas han llegado a niveles altos de producción por medio de diferentes estrategias que han permitido abastecer a más mercados.

#### a. Organigrama

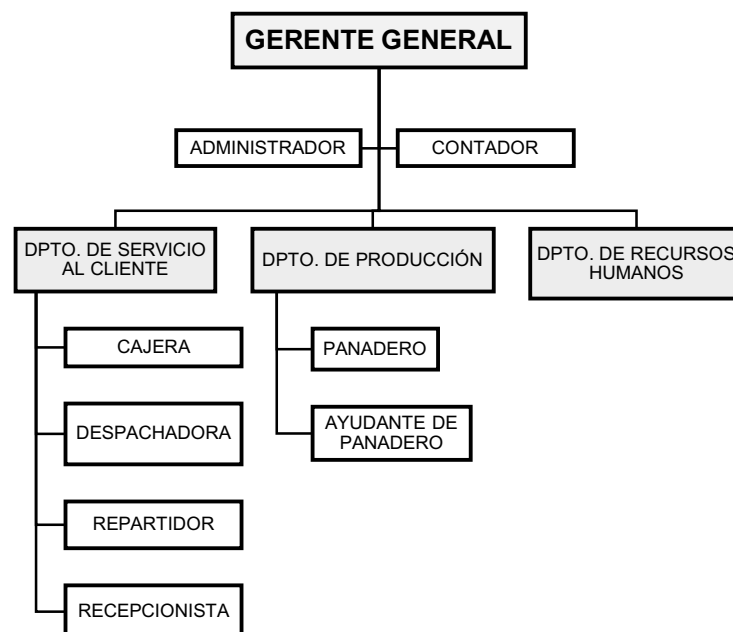


Figura n°07: Organigrama de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

- **Gerente General:** Es el encargado y dueño de la empresa; la principal función que tiene en la empresa es la de tomar decisiones de invertir en maquinaria nueva o expansión del local.
- **Contador:** La contadora de la empresa es la encargada de transmitir los predios o cuentas que debe pagar la empresa a la gerente.
- **Administrador:** En la empresa la función principal del administrador es la de hacer los requerimientos de insumos y materia prima; además de verificar las cuentas al final del día e inspeccionar que los empleados cumplan con sus funciones.
- **Cajera:** Es la encargada de cobrar a los clientes; además de cuadrar la caja al final del día.
- **Despachadora:** Es la encargada de despachar los productos (tanto el pan como los abarrotes) en la empresa.
- **Repartidor:** Es el encargado de entregar a los clientes el pan que se produce diario en la panadería.
- **Recepcionista:** Las funciones de este puesto lo hace la cajera, la cual se encarga de recibir los pedidos de pan de los clientes al por mayor.
- **Panadero:** Es el encargado de la producción en masa de todos los tipos de pan que ofrece la panadería.
- **Ayudante de panadero:** Es el encargado de asistir al panadero en la producción de pan.

#### b. Misión

Cumplir satisfactoriamente con las necesidades y la calidad para nuestros clientes haciendo que ellos se fidelicen.

#### c. Visión

Constituir una empresa sólida en el norte del Perú.

#### d. Valores

En Inversiones Universal S.A.C basan su práctica en valores fundamentales para alcanzar la prosperidad para todos. Los valores que los caracterizan son:

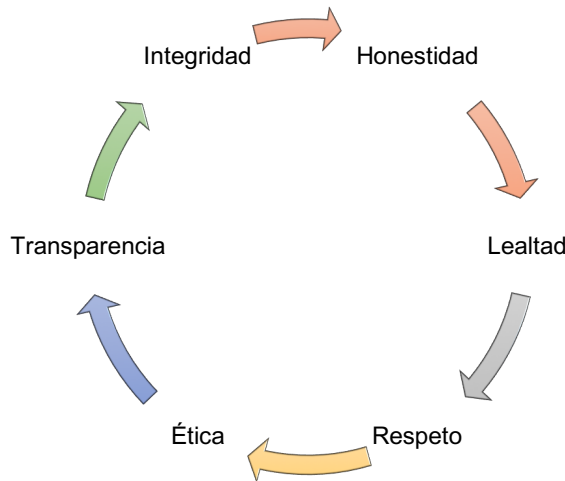


Figura n°08: Valores Fundamentales.

### e. Principales Productos

Inversiones Universal S.A.C es una empresa manufacturera que se especializa en la fabricación de diferentes tipos de pan (Ver figura n°09) , debido a la gran exigencia de los clientes. Tiene como su producto estrella el pan de piso, ya que es el más vendido de la empresa; según la data histórica de producción del año 2018 - 2019.



Figura n°09: Tipos de Pan.



## f. Principales Competidores

Como competencia directa la empresa Inversiones Universal S.A.C. se tendrá en cuenta a todas las empresas que se dedican al rubro de la panadería. Como principal competencia directa de la empresa en la parte de la urbanización de Santo Dominguito se tiene a la empresa Trujillo Pan S.A.C, esta empresa se encuentra ubicado aproximadamente a una cuadra de la empresa Panadería y Pastelería Universal S.A.C, además la empresa Trujillo Pan S.A.C se dedica a la venta de diferentes tipos de panes y a la venta de otros artículos de primera necesidad. Otros competidores presentes en otras sucursales son los siguientes:

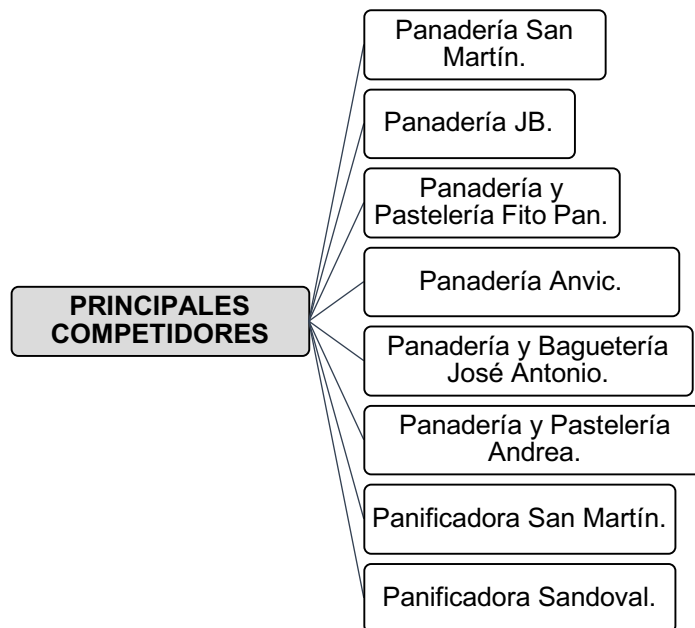


Figura n°10: Principales competidores.

## g. Principales Proveedores.

La empresa Inversiones Universales S.A.C. cuenta con importantes socios estratégicos ya sea para que lo provean de insumos para hacer el pan así como entregan artículos de primera necesidad para su venta inmediata como:

- **Alicorp y Molitalia**, son proveedores que abastecen consumo de Harina, material principal para la elaboración de pan francés de piso.
- **Gistbrocades**, proveedor de chile, este abastece el consumo de levadura, producto principal para el proceso del pan francés de piso.
- **Backel – Alexis Rodríguez**, proveedor del mejorador de masa.

#### **h. Principales Clientes.**

Los clientes son mayormente gente de la zona que compran tanto artículos de primera necesidad como también los diferentes panes que elabora la empresa. La mayor parte de los clientes son clientes fieles ya sea gracias al cordial trato que se les da y además de los excelentes productos que se les ofrece. Estos clientes, se ubican en las siguiente partes de la ciudad de Trujillo, La Libertad:

- Centro Histórico, San Andrés, La Merced
- El Recreo, Monserrate, La Perla
- Mansiche, San Salvador, El Alambre, Las Capullanas
- Trupal, San Nicolás, Covicorti
- Santa Inés, San Fernando, Primavera
- Las Quintanas, Los Naranjos, Huerta Grande
- Miraflores, Los Jardines, Los Cedros
- Mochica, El Molino, La Intendencia
- Aranjuez, Palermo, Santa María
- Chicago, El Sol, Las Casuarinas
- Los Pinos. Vista Hermosa, La Arboleda
- San Eloy, Ingeniería, Pay Pay
- Santa Teresa de Ávila, Daniel Hoyle, Los Granados
- Chimú, La Rinconada, Rázuri
- Vista Bella, Los Rosales de San Andrés, La Noria
- El Bosque, Galeno, UPAO
- La Esmeralda, San Isidro, San Luis
- Santo Dominguito

i. Mapa de Valor.

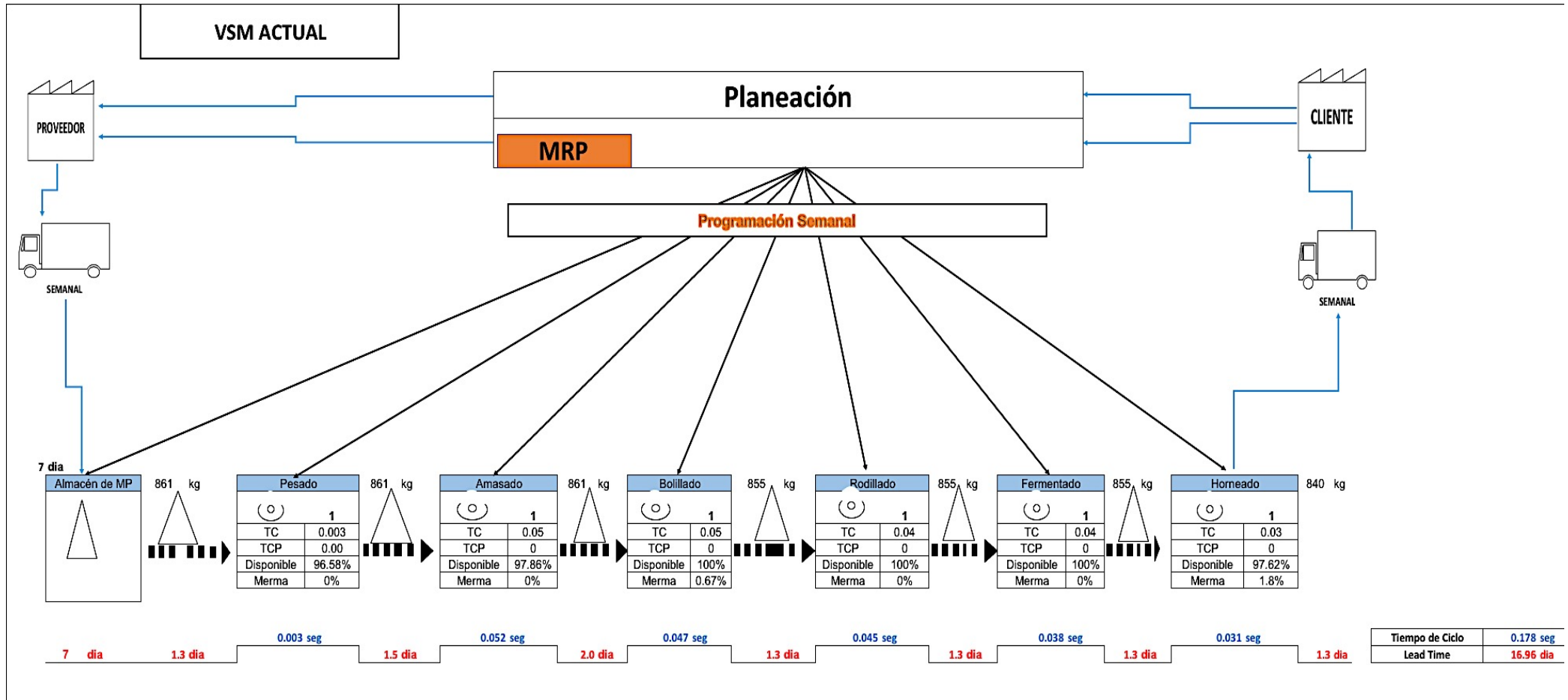


Figura n°11: Mapa de Valor de la empresa Inversiones Universal S.A.C.

**j. Proceso productivo del pan de piso.**

• **Diagrama de operaciones**

El proceso de producción de pan de piso, esta compuesto por 12 operaciones y 1 operación-inspección, en la cual hace uso de materia prima e insumos, como la harina, sal, azúcar, levadura y manteca. Asimismo, este proceso, basado en la producción de 200 panes, abarca un tiempo total de 307 min (Ver figura nº12).

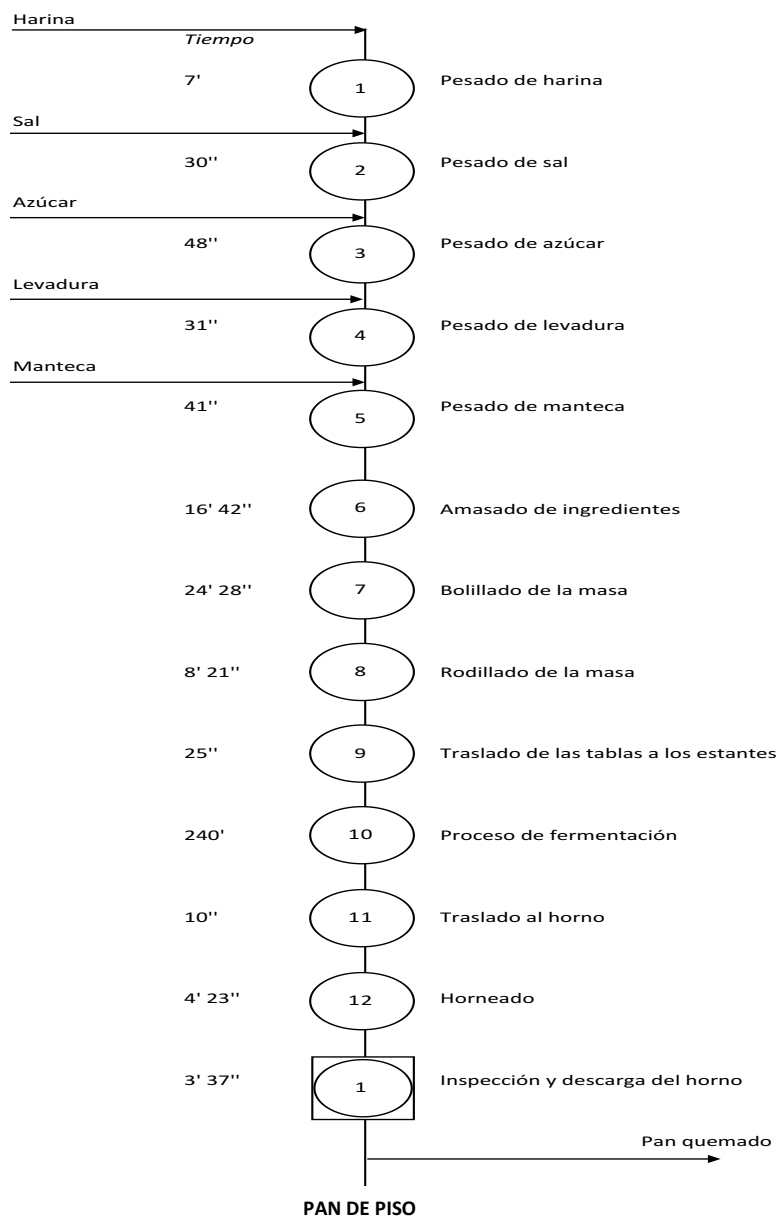


Figura nº12: Diagrama de operaciones del proceso productivo de Pan de piso.

El resumen de actividades u operaciones, se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla n°11

Cuadro resumen de actividades del proceso productivo del pan de piso.

RESUMEN DE ACTIVIDADES			
Símbolo	Actividad	Cantidad	Tiempo (min)
○	Operación	12	303.98
⊗	Operación-Inspección	1	3.62
<b>TOTAL</b>		<b>13</b>	<b>307.6</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Diagrama de análisis del proceso.**

En un análisis más detallado, se ha determinado que el proceso productivo del pan de piso, en una proporción de 200 unidades, cuenta con 8 operaciones, 1 transporte y 1 inspección; los cuales suman un tiempo total de 18788 seg.

Tabla n°12

Diagrama analítico de proceso de la línea de producción pan de piso.

DIAGRAMA ANALÍTICO DE PROCESO						
PRODUCCIÓN DE PAN DE PISO POR UNA TABLA (200 PANES)						
MÉTODO:	<input checked="" type="checkbox"/> Actual	<input type="checkbox"/> Propuesto				
DESCRIPCION	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenaje	Tiempo
Pesado de ingredientes	●	⇒	□	⌋	▽	570 seg
Transporte al área de producción	○	⇒	□	⌋	▽	10 seg
Amasado	●	⇒	□	⌋	▽	1002 seg
Bolillado	●	⇒	□	⌋	▽	1468 seg
Rodillado	●	⇒	□	⌋	▽	501 seg
Fermentado	●	⇒	□	⌋	▽	14400 seg
Carga de la pieza	●	⇒	□	⌋	▽	307 seg
Horneado	●	⇒	□	⌋	▽	263 seg
Descarga del horno	●	⇒	□	⌋	▽	217 seg
Inspección del horneado del pan de piso	○	⇒	■	⌋	▽	40 seg
<b>TOTALES</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>18788 segundos</b>

Fuente: Elaboración propia.

- **Diagrama de flujo productivo.**

Mediante este flujograma, se ha determinado las actividades que se desarrollan en el proceso productivo del pan piso, teniendo en cuenta los bucles repetitivos que se forma en el pesado de MP (materia prima), amasado de ingredientes, descarga del horno y rechazo del producto. A partir de ello, se ha podido visualizar con mayor exactitud las oportunidades de mejora.

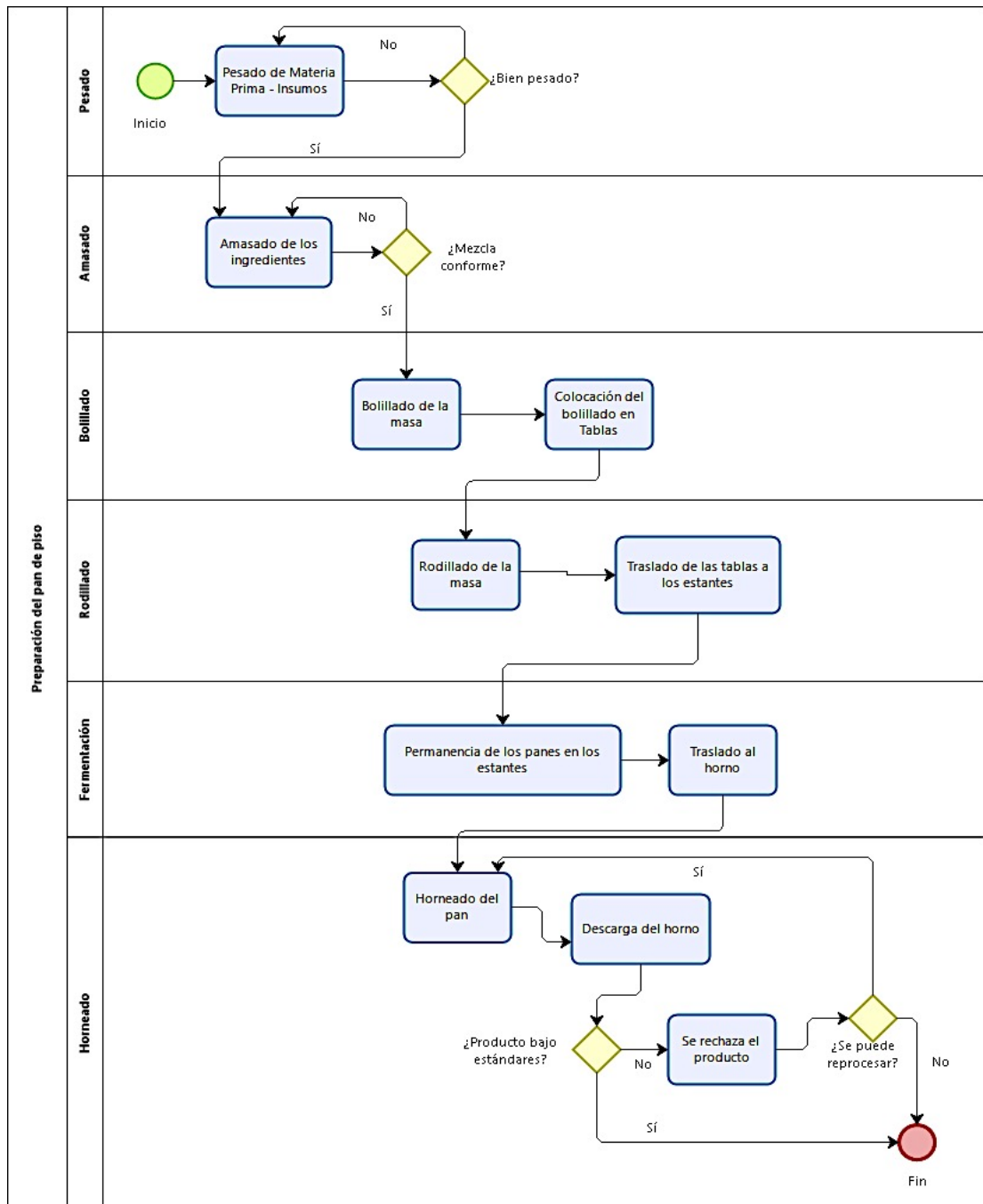


Figura n°13: Diagrama de flujo del proceso productivo de pan de piso.

### 2.3.2 Diagnóstico del Área Problemática

Actualmente, la empresa cuenta con altos costos operacionales en la línea de producción de pan de piso, debido a que no ejecuta una adecuada gestión de un plan de mantenimiento de sus máquinas y equipos. Este problema se debe a las siguientes causas raíces, las cuales se identificaron anteriormente, a través de un diagrama Ishikawa (Ver figura n°06).

Tabla n°13

*Cuadro de causas raíces en el área de mantenimiento.*

Ítem	Causa Raíz
CR1	No existe un plan de mantenimiento preventivo.
CR2	Ausencia de un control de paradas de máquinas en el proceso de producción.
CR3	Falta de un sistema de gestión ambiental.
CR4	Falta de un plan de capacitación de mantenimiento preventivo.

Fuente: Elaboración Propia.

En el área de mantenimiento, se ha evaluado estas causas raíces basado en el exceso de paradas de las máquinas y equipos durante el proceso de producción del pan de piso. A ello, se le suma la demora en la reparación de estas y el exceso de salida de humo del horno artesanal, lo cual genera un gran impacto ambiental a la atmosfera.

### 2.3.3. Identificación de indicadores actuales

#### 2.3.3.1. Priorización de Causas Raíces

Posteriormente, a la identificación de las Causas Raíces que influyen en el área de estudio, se ha realizado una encuesta (Ver Anexo n°01), a los dos operarios de producción y al técnico de mantenimiento, con la finalidad de aplicar la priorización de acuerdo al nivel de influencia de la problemática de estudio. Esta se ha determinado a partir de 3 niveles; Alto:5, Regular:3 y Bajo:1. En base a esto, se ha logrado realizar un Diagrama Pareto con un total de 4 Causas Raíces, donde se ha llegado a priorizar 2 causas según la puntuación del resultado de las encuestas desarrolladas.

Tabla nº14

Matriz de priorización de las causas raíces.

ÁREA	Resultados Encuestas	ÁREA DE MANTENIMIENTO			
		CR1: No existe un plan de mantenimiento preventivo.	CR2: Ausencia de un control de paradas de máquinas en el proceso de producción.	CR3: Falta de un sistema de gestión ambiental.	CR4: Falta de un plan de capacitación de mantenimiento.
MANTENIMIENTO	Panadero día	5	3	1	3
	Panadero noche	5	3	1	3
	Técnico de mantto.	5	5	3	3
<b>Calificación Total</b>		<b>15</b>	<b>11</b>	<b>5</b>	<b>9</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº15

Cuadro de impacto porcentual de causas raíces.

Área	Nº CR	CAUSA RAZA	Suma	% Impacto	Acumulado
Mant.	CR1	No existe un plan de mantenimiento preventivo.	15	39%	37.50%
Mant.	CR2	Ausencia de un control de paradas de máquinas en el proceso de producción.	11	29%	65.00%
Mant.	CR4	Falta de un plan de capacitación de mantenimiento.	9	23%	87.50%
Mant.	CR3	Falta de un sistema de gestión ambiental.	5	13%	100.00%
<b>TOTAL</b>			<b>40</b>		

Fuente: Elaboración Propia.

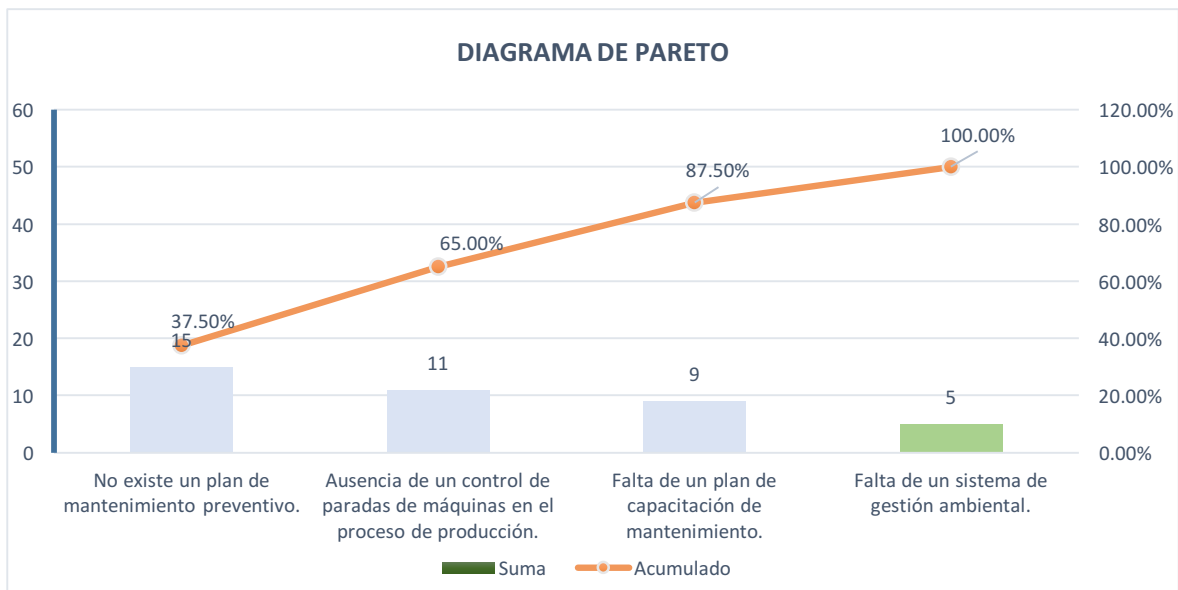


Figura nº14: Diagrama Pareto de las causas raíces de la Área de Mantenimiento.



### **2.3.3.2. Identificación de los indicadores.**

#### **A. Monetización de causas raíces**

Actualmente, la empresa Inversiones Universal S.A.C., presenta constantes costos en la línea de producción de pan de piso. El proceso de producción se ve afectado negativamente por esta problemática, el cual ha sido analizado a través de un diagrama ishikawa, identificando 4 causas raíces referentes a la gestión de mantenimiento. Para el desarrollo de la propuesta de mejora se ha considerado y priorizado las causas más significativas, teniendo en cuenta su accesibilidad, el cumplimiento de necesidades y estándares. Estas 3 causas seleccionadas generan pérdida monetaria para la empresa anualmente, siendo la más crítica, la gestión del mantenimiento actual; en el cual se ha identificado un total de 15 paradas de máquina en la estación de pesado, 21 en la de amasado y 17 en la de horneado, anualmente; con una monetización de 1,448.42 soles (Ver Tabla nº23). De igual forma, se ha diagnosticado que el descontrol de estas paradas son originadas debido principalmente a la inexistencia de un plan de mantenimiento preventivo, con una pérdida anual de 3,629.84 soles (Ver Tabla nº23). Finalmente, se ha determinado que el personal de la empresa no cuenta con una capacitación específica en mantenimiento; lo cual ha generado demoras en los tiempos de reparación de las máquinas, incumpliendo con la venta final del pan de piso. Esta pérdida monetaria anual equivale a 1,683.00 soles (Ver Tabla nº23).

#### **a.1. Falta de un plan de mantenimiento preventivo:**

En primer lugar, el coste de la falta de un plan de mantenimiento preventivo, se ha obtenido en base a las horas de paradas de máquina, mano de obra improductiva y el lucro cesante que se ha formado en la empresa. Para este cálculo, se ha tenido en cuenta el reporte anual de paradas de las tres máquinas utilizadas durante la producción, las cuales son la balanza digital, la amasadora y el horno artesanal; dando como resultado un total, desde Junio 2018 hasta Mayo 2019, de 53 fallas o paradas y 71.5 horas.

Asimismo, se ha considerado el tiempo disponible de cada máquina durante el tiempo de estudio, los respuestos y materiales utilizados durante el mantenimiento de dichas máquinas.

Tabla n°16

*Tiempo operativo al año, por máquina.*

MÁQUINAS	TURNOS AL DÍA (turnos/horas)		DÍAS AL MES	MESES AL AÑO	TIEMPO DISPONIBLE AL AÑO	TIEMPO DE OPERACIÓN
BALANZA	2	1	28	12	336	324.5
AMASADORA	2	5	28	12	1680	1644
HORNO ARTESANAL	2	3	28	12	1008	984

Fuente: Elaboración propia.

De igual forma, se ha definido la disponibilidad que presenta cada máquina actualmente:

Tabla n°17

*Disponibilidad de cada máquina.*

MÁQUINAS	TIEMPO DISPONIBLE AL AÑO	TIEMPO DE OPERACIÓN	# FALLAS/PARADAS	HORAS DE PARADAS	MTBF	MTRR	DISPONIBILIDAD
BALANZA	336	324.5	14	11.5	23.18	0.82	96.58%
AMASADORA	1680	1644	21	36	78.29	1.71	97.86%
HORNO ARTESANAL	1008	984	17	24	57.88	1.41	97.62%

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el sobrecosto total por la falta de mantenimiento preventivo, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$CT = C. \text{ lucro Cesante} + CMO_{\text{de mant.}} + C. \text{ deRepyMat.}$$

Datos:

- Capacidad prom. de producción por hora: **288 unid/hora**
- Precio de venta por unidad: **S/.0.125 soles (c. IGV)**
- Costo unitario: **S/.0.10 soles/unidad**
- Utilidad: **20%**
- Horas de parada (fallas al año): **71.5 horas**
- Sueldo del técnico de mant. al año: **S/.50.00 soles/falla**
- Costo de los repuestos utilizados para el mantenimiento.
  - S/.20.00 soles/tornillo (**4 lubricantes/año**)
  - S/.100.00 soles al año (**Tornillos**)
  - S/.100.00 soles al año (**Rodamientos**)
  - S/.200.00 soles al año (**Fajas**)

- **Lucro Cesante:**

$$LC = \frac{288 \text{ unidades prom.}}{\text{hora}} \times \frac{0.125 \text{ soles}}{\text{unidad}} \times 20\% \times \frac{71.5 \text{ horas de parada}}{\text{año}}$$

$$LC = S/.436.86$$

**- Costo de MO de mantenimiento:**

$$CMO = \frac{50 \text{ soles}}{\text{Inspección}} * \frac{\text{inspección}}{\text{falla}} * \frac{52 \text{ fallas prom.}}{\text{año}}$$

$$CMO = S/.2600.00$$

**- Costo de repuestos y materiales:**

$$CRM = \frac{20 \text{ soles}}{1 \text{ lub.}} * 4 \frac{\text{lub}}{\text{año}} * 100 \frac{\text{soles}}{\text{tornillos}} * 100 \frac{\text{soles}}{\text{rodamientos}} * 200 \frac{\text{soles}}{\text{fajas}}$$

$$CRM = S/.480.00$$

Entonces, el costo total es:

$$CT = S/.436.36 + S/.2600.00 + S/.480.00$$

$$CT = S/.3516.82$$

**a.2. Ausencia de un control de paradas de máquina en el proceso de producción:**

En segundo lugar, el coste de esta causa raíz, se ha obtenido teniendo en cuenta, la pérdida de producción que se dio, a partir de utilizar máquinas con fallas durante el proceso productivo. Por ello, se estima que la producción promedio usando máquinas sin averías es de 168253 panes; mientras que usando máquinas con fallas constantes, es de 166095 panes.

Tabla n°18

*Producción promedio con máquinas sin averías.*

MÁQUINAS SIN AVERÍAS		
	MES	PRODUCCIÓN MENSUAL
2018	JUNIO	175314
	JULIO	176422
	AGOSTO	177278
	SETIEMBRE	149674
	OCTUBRE	162906
	NOVIEMBRE	159598
	DICIEMBRE	162970
2019	ENERO	173230
	FEBRERO	173658
	MARZO	161290

ABRIL	172318
MAYO	174382
<b>PROMEDIO</b>	<b>168253</b>

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°19

*Producción promedio con máquinas con fallas.*

MÁQUINAS CON FALLAS		
MES	PRODUCCIÓN MENSUAL	
2018	JUNIO	173156
	JULIO	174264
	AGOSTO	175120
	SETIEMBRE	147516
	OCTUBRE	160748
	NOVIEMBRE	157440
	DICIEMBRE	160812
2019	ENERO	171072
	FEBRERO	171500
	MARZO	159132
	ABRIL	170160
	MAYO	172224
<b>PROMEDIO</b>	<b>166095</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, el costo anual es de:

$$CT = (168253 - 166095) * 12 * S/.0.10$$

$$CT = S/.2194.58$$

### a.3. Falta de un plan de capacitación de mantenimiento.

En tercer lugar, se ha determinado el coste de esta causa raíz; teniendo en cuenta los tiempos que se toma el personal para reparar las máquinas durante una falla, desde Junio 2018 hasta Mayo 2019, en horas (Ver Tabla n°20). Esta data, se ha obtenido del reporte anual de paradas por máquina, descrito en la realidad problemática del presente proyecto.

Tabla n°20

*Tiempos de reparación de las máquinas, en 2018.*

Máquinas	2018						
	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
BALANZA DIGITAL	0.5	1	1	0.5	0.5	1.5	2
AMASADORA INDUSTRIAL	1.75	1.25	1.25	1.5	1.5	2.25	1.75



HORNO ARTESANAL	1	1.25	1	1.5	1	1	1.5
--------------------	---	------	---	-----	---	---	-----

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº21

*Tiempos de reparación de las máquinas, en 2019.*

Máquinas	2019				
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
BALANZA DIGITAL	0.75	0.75	0.5	0.5	0
AMASADORA INDUSTRIAL	1.75	2	2	1.25	2
HORNO ARTESANAL	1.5	1.5	2	1.75	2

Fuente: Elaboración propia.

A partir de esta data, se ha obtenido los siguientes resultados; con respecto al total de tiempo de reparación por máquina.

Tabla nº22

*Tiempo total de reparación por máquina.*

Máquinas	TOTAL
BALANZA DIGITAL	<b>9.5</b>
AMASADORA INDUSTRIAL	<b>20.25</b>
HORNO ARTESANAL	<b>17</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para hallar el sobrecosto total por la falta de un plan de capacitación de mantenimiento, se ha utilizado la siguiente fórmula:

$$CT = \left( \sum \text{Tiempos de reparación}_m \right) \cdot n^{\circ} \text{panes/h} \cdot PV.$$

Datos:

- Capacidad prom. de producción por hora: **288 und/hora**
- Precio de venta por unidad: PV= **S/.0.125 soles (c. IGV)**

Por lo tanto, el costo anual de esta raíz es:

$$CT = (9.5 + 20.25 + 17)h \cdot 288 \text{ und/h} \cdot S/.0,125/\text{und..}$$

$$CT = (46.75)h \cdot 288 \text{ und/h} \cdot S/.0,125/\text{und..}$$

$$CT = S/. 1,683.00$$

### **B. Matriz de indicadores de causas raíces.**

Para esta matriz se consideran las tres causas raíces que se obtuvieron en la priorización de los problemas encontrados en la área de mantenimiento. Estas causas raíces serán analizadas mediante indicadores, de tal forma que se proponga las herramientas de Mejora que se va aplicar en cada causa raíz o grupo de ellas, para alcanzar el valor meta; teniendo en cuenta los valores actuales porcentuales y monetarios.

Tabla n°23

Matriz de Indicadores de las Causas Raíces de los problemas.

CR	Descripción	Indicador %	Fórmula	VA	VM	Herramienta de Mejora
CR2	No existe un plan de mantenimiento preventivo.	% de disponibilidad de la máquina crítica.	. %D = (MTBF - MTTR)/MTBF . MTBF = N° de horas totales del período de tiempo analizado/Número de averías. . MTTR = N° de horas de paro por avería/Número de averías.	97.86%	98.91%	RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad)
		Costo anual por mantenimiento correctivo.	. CMC = Costo de Mano de obra + Costo de Insumos + Costo de Oportunidad. . Costo de Mano de obra = (Sueldo del técnico * fallas al año). . Costo de Insumos = $\sum(n^{\circ} \text{ de insumos} * \text{Costo por cada insumo})$ . . Costo de Oportunidad = (Capacidad de producción * Precio de Venta unitario * % Utilidad * Horas de paradas por máquina)	S/.3,516.82	S/. 2613.50	
CR2	Ausencia de un control de paradas de máquinas en el proceso de producción.	Costo anual de producción no realizada por máquinas con averías.	CPNR = (Unidades no producidas/falla * n° de fallas/año) * Costo Unitario = $[(100\% - \%CP) * \text{Capacidad de producción/hora} * \text{horas/días} * \text{días/semana} * \text{semanas/mes} * \text{meses/año}]/\text{falla}] * n^{\circ} \text{ de fallas/año} * \text{Costo Unitario}$	S/.2,194.58	S/. 551.03	
		% de cumplimiento de la planificación de producción.	$\%CP = \frac{\sum(\text{Unidades producidas acabadas en turno día} + \text{Unidades producidas acabadas en turno noche})}{\sum(\text{Unidades producidas planificadas en turno día} + \text{Unidades producidas planificadas en turno noche})} * 100\%$ .	96.08%	96.57%	
CR4	Falta de un plan de capacitación de mantenimiento.	Costo anual por falta de capacitación de mantenimiento.	CFCM = $\sum(\text{Tiempos de reparación por máquina}) * (N^{\circ} \text{ de panes producidos por hora}) * (\text{Precio de Venta por unidad}) = \sum(\text{Tiempo de parada por máquina}/N^{\circ} \text{ de fallas por máquina}) * (N^{\circ} \text{ de panes producidos por hora}) * \text{Precio de Venta/unidad}$ .	S/.1,683.00	S/. 1,044.00	Plan de Capacitación de Mantenimiento

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

MTBF: Tiempo medio entre fallas.

MTTR: Tiempo medio para reparación

Tener en cuenta que, para la determinación del valor meta en la aplicación del RCM; se ha considerado un antecedente sobre la cantidad de horas en operación de una amasadora sprint.

Según Maldonado C. & Pillajo G. (2009), en su proyecto del manual de ingeniería de mantenimiento para la panificadora Industrial Arenas, indican que se debe conservar los equipos en buenas condiciones de operación empleando un capital humano en maquinaria y mano de obra capacitada, con el fin de conseguir la más alta productividad de la empresa. Para cumplir ello, realizan todo un procedimiento de mantenimiento preventivo total, en cual han determinado que el tiempo de funcionamiento anual para una amasadora Sprint, es de 2184 horas.

Tabla n°24

*Tiempo de funcionamiento anual de equipos de panadería.*

EQUIPO	HRS. SEMANALES	HRS. DE FUNC. ANUAL	HRS. DE SERVICIO	VIDA ÚTIL NOMINAL [h]	VIDA NOM. AJUSTADA [h]	TIEMPO SUSTITUCIÓN [AÑO]
HORNO VULCANO	60	3120	60000	8048	5794,56	1,86
HORNO ZUCHELLI	60	3120	60000	8048	5794,56	1,86
HORNO MACADAMS	60	3120	60000	8048	5794,56	1,86
AMASADORA TWEEDY	36	1872	40000	5365	3862,8	2,06
AMASADORA VELA 80	21	1092	40000	5365	3862,8	3,54
AMASADORA SPRINT	42	2184	40000	5365	3862,8	1,77
LAMINADORA SOTTORIVA	54	2808	30000	4024	2897,28	1,03
LAMINADORA SUPERMAP	28	1456	30000	4024	2897,28	1,99
MOLINO	5	260	20000	2682	1931,04	7,43
TAJADORA	24	1248	20000	2682	1931,04	1,55
BAGUETERA	21	1092	20000	2682	1931,04	1,77
BANDA TRANSP.	54	2808	20000	2682	1931,04	0,69
BATIDORA M802	18	936	40000	5365	3862,8	4,13

Fuente: Elaboración Propia.



### 2.3.4. Desarrollo de la propuesta de Mejora.

A partir de la monetización de las causas raíces con mayor criticidad en la empresa Inversiones Universal S.A.C., se ha procedido a desarrollar la propuesta de mejora que permite reducir los costos en el área de mantenimiento.

#### 2.3.4.1. Mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM)

Esta metodología fue aplicada en todas las máquinas de la línea de producción de pan de piso de Inversiones Universal S.A.C. debido a que existen sólo un total de 3 máquinas, las cuales son: balanza digital, amasadora y horno artesanal.

##### a. Procedimiento:

Para determinar el procedimiento de esta metodología, se tuvo en cuenta al autor García S. (2009) con su libro "Ingeniería de Mantenimiento. Manual práctico para la gestión eficaz del mantenimiento", en el cual señala que para responder las 7 preguntas básicas del RCM, se debe desarrollar 7 fases importantes. En el siguiente diagrama se describe cada una de estas fase.

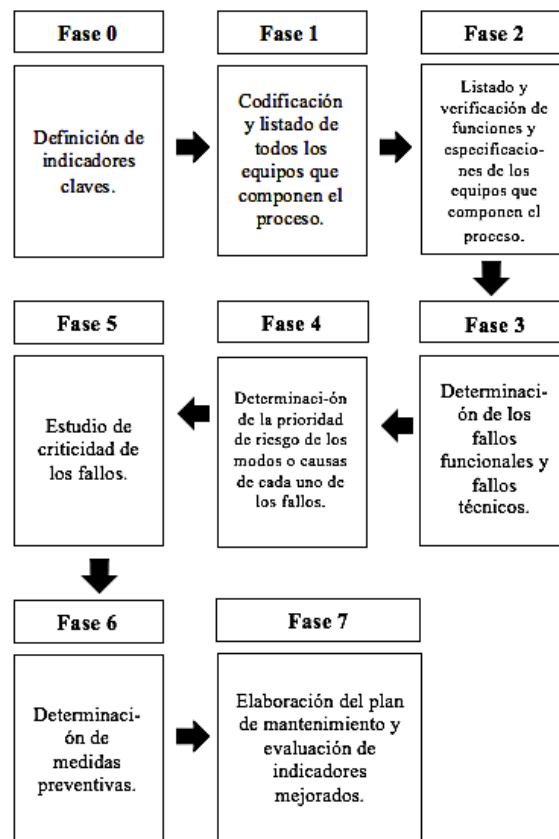


Figura n°15: Las 7 fases de proceso de Mantenimiento centrado en la Confiabilidad.

**b. Desarrollo:**

**Fase 0:** Para esta primera fase, se definió los indicadores claves a través de una recopilación de datos para determinar el diagnóstico del mantenimiento actual de la línea de producción de pan de piso, es decir se obtuvo la data de fallas y horas de paradas para las tres máquinas que actúan en el proceso, las cuales son: balanza digital, amasadora y el horno artesanal. Para ello, se ha realizado la siguiente matriz de diagnóstico actual de la empresa.

Tabla n°25

*Matriz de Diagnóstico actual del área de Mantenimiento de la empresa.*

MATRIZ DE DIAGNÓSTICO ACTUAL							
MÁQUINAS	MARCA	MODELO	FALLAS FUNCIONALES	CANTIDAD ANUAL	HORAS POR PARADA (Hr.)	TIEMPO DISPONIBLE (Hr.)	TIEMPO DE OPERACIÓN (Hr.)
BALANZA DIGITAL	NOVA	BW 30	Cámara de pesaje sucia.	5	0.5	336	333.5
			Sensor de pesaje mal configurado.	3	1	333.5	330.5
			Display medidor mal calibrado.	3	1	330.5	327.5
			Platillo de pesaje en mal estado.	3	0.5	327.5	326
			Sistema electrónico fallado.	1	1.5	326	324.5
			<b>TOTAL</b>				<b>11.5</b>
AMASADORA	NOVA	KN 100	Tolva en mal estado.	3	2	1680	1674
			Mal ajuste de las fajas.	1	1.5	1674	1672.5
			Recalentamiento del motor.	1	2	1672.5	1670.5
			Perilla de rodamiento en mal estado.	2	2.5	1670.5	1665.5
			Fajas sucias.	5	1.5	1665.5	1658
			Display de velocidad mal calibrado.	2	2	1658	1654
			Falta de aceite en los rodamientos.	2	1	1654	1652
			Tolva sucia.	2	1	1652	1650
			Falta de aceite en el motor.	2	1.5	1650	1647
			Display de velocidad malogrado.	1	3	1647	1644
			<b>TOTAL</b>				<b>36</b>
HORNO ARTESANAL DE LEÑA	-	-	Chimenea en mal estado.	2	2	1008	1004
			Puerta del horno se desprende.	6	1	1004	998
			Grietas en la superficie interior del horno.	3	2	998	992
			Paredes internas dañadas.	2	1.5	992	989
			Soplete de calentamiento en mal estado.	2	1.5	989	986
			Chimenea sucia.	2	1	986	984
<b>TOTAL</b>				<b>24</b>	<b>1008</b>	<b>984</b>	

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente a la descripción detallada del diagnóstico actual de mantenimiento, se realizó la aplicación de una matriz de evaluación para los indicadores claves de gestión, la cual se muestra en los siguiente cuadros.

Tabla n°26

*Índice de cumplimiento de producción.*

ÍNDICE DE CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN	
UPA1	814335
UPA2	1400129
UPP1	839620
UPP2	1465260
m (días)	365
<b>%CP</b>	<b>96.08%</b>
La producción anual se cumple en un 96.08%.	

Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que:

UPA1: Unidades producidas acabadas en el turno 1.

UPA2: Unidades producidas acabadas en el turno 2.

UPP1: Unidades producidas planificadas en el turno 1.

UPP2: Unidades producidas planificadas en el turno 2.

m: Número de días de producción al año.

CP: Cumplimiento de producción.

Tabla n°27

*Variabilidad de cumplimiento de producción entre Abril y Mayo 2019.*

VARIABILIDAD DE CUMPLIMIENTO DE PRODUCCIÓN	
UPA1 (Mayo 2019)	69147
UPA2 (Mayo 2019)	119790
UPA1 (Abril 2019)	66982
UPA2 (Abril 2019)	115932
d (días)	Jul: 31/Jun: 30
<b>Δ CP</b>	<b>3.19%</b>
En Mayo del 2019, el cumplimiento de la producción mejoró en un 3.19%.	

Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que:

d: Número de días de producción en mes de Junio y Julio 2018.

Tabla n°28

*Variabilidad del costo correctivo, por máquina; entre Abril y Mayo 2019.*

<b>VARIABILIDAD DEL COSTO CORRECTIVO POR MÁQUINA.</b>	
<b>CMC (Pesado - Mayo 2019)</b>	S/.77.20
<b>CMC (Amasado - Mayo 2019)</b>	S/.138.00
<b>CMC (Horneado - Mayo 2019)</b>	S/.138.00
<b>CMC (Pesado - Abril 2019)</b>	S/.63.60
<b>CMC (Amasado - Abril 2019)</b>	S/.135.20
<b>CMC (Horneado - Abril 2019)</b>	S/.67.20
<b>CMC</b>	<b>24.69%</b>
En Mayo del 2019, el costo de mantenimiento correctivo, disminuyó en un 24.69%.	

Fuente: Elaboración propia.

Se sabe que:

CMC: Costo de Mantenimiento Correctivo.

Tabla n°29

*Indicadores operativos de las máquinas de la línea de producción de pan piso.*

<b>MÁQUINA</b>	<b>TASA TOTAL DE FALLAS POR MÁQUINA</b>	<b>CONFIABILIDAD POR MÁQUINA (t=24)</b>	<b>MTBF</b>	<b>MTRR</b>	<b>DISPONIBILIDAD INHERENTE</b>
BALANZA DIGITAL	0.035	43.17%	23.18	0.79	<b>96.58%</b>
AMASADORA	0.022	58.98%	78.29	1.71	<b>97.86%</b>
HORNO ARTESANAL	0.024	56.21%	57.88	1.41	<b>97.62%</b>
La balanza digital tiene una confiabilidad de 43.17%, la amasadora, 58.98% y el horno artesanal 56.21%.			Se busca lograr una disponibilidad mayor al 98%, por máquina.		

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 1:** Para la fase número uno, se ha elaborado el listado de las máquinas (amasadora, balanza digital y horno artesanal) que trabajan en el proceso productivo. Para ello, se hizo uso de un cuadro de inspección de máquinas. Además, se procedió a diseñar una codificación para cada una de estas y las piezas/componentes que les pertenece, de tal forma que pueda facilitar el seguimiento de su funcionamiento y mantenimiento futuro.

En los siguientes cuadros, se ha determinado el listado de máquinas pertenecientes al proceso de producción con su respectiva información.

Tabla n°30

*Cuadro de información de la Balanza digital.*

<b>BALANZA DIGITAL</b>	
<b>Función</b>	
Pesaje de los materiales e insumo para la elaboración de la masa de pan a preparar.	
<b>Descripción de la operación</b>	
Esta máquina se encuentra en la estación 1, en la cual se procede a pesar los materiales así como los insumos, los cuales conformarán a la masa compuesta para la elaboración de un lote de pan.	
<b>Descripción de la máquina</b>	
<p>Se utiliza una balanza eléctrica para mayor precisión al momento del pesaje. Cuenta con una capacidad de peso de hasta 30 Kilogramos, además está equipada con batería recargable y doble visor. La máquina tiene una función de auto cero al encenderse y una función de auto apagado y ahorro de energía, transcurridos 10 minutos sin actividad alguna.</p> <p>Presenta un indicador de recalibrado necesario, indicador de voltaje, indicador de estado de batería e indicador de daños en la célula de carga. Su uso es mediante conexión a red o a batería (con autonomía de funcionamiento superior a las 40 horas).</p>	
<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
<b>Marca</b>	BW 30
<b>Tipo</b>	Balanza
<b>Datos técnicos</b>	
<b>Potencia</b>	7 W
<b>Voltaje</b>	230 Vac / 50 Hz
<b>Capacidad</b>	30 kg
<b>Frecuencia</b>	60Hz
<b>Año de adquisición</b>	2005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº31

*Cuadro de información de la Amasadora.*

AMASADORA	
<b>Función</b>	Preparar masas alimentarias, en este caso la masa del pan.
<b>Descripción de la operación</b>	La amasadora se encuentra en la estación 2. Después de agregar los ingredientes, estos pasan a integrarse de manera homogénea hasta conseguir una masa aprobada para pasar a su bolillado. Todo este proceso se da en la máquina presente.
<b>Descripción de la máquina</b>	El equipo se utiliza para substituir el trabajo manual a través de un sistema mecanizado. Las amasadoras son mayoritariamente compuestas por: artesa para colocación de ingredientes, elemento de amasadura (gancho, tenedor, brazo o otro sistema), motores que accionan los movimientos de la artesa y del gancho, correlación de procesos tecnológicos que permiten a los operadores el control del proceso de amasadura y de otros procesos de trabajo (control de ingredientes, programar tiempos y velocidades); proporcionando un correcto tratamiento alimentar y asegurando altas performances de producción.
CARACTERÍSTICAS	
<b>Marca</b>	Nova KN100
<b>Tipo</b>	Amasadora
Datos técnicos	
<b>Potencia motor agitador</b>	7 a 10 kW
<b>Potencia motor tazón</b>	0.85 a 1.5 kW
<b>Fase</b>	Trifásico
<b>Capacidad en harina</b>	100 kg
<b>Capacidad en masa</b>	150 kg
<b>Frecuencia</b>	50/60 Hz
<b>Año de adquisición</b>	2005

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº32

Cuadro de información del horno artesanal.

HORNO ARTESANAL	
<b>Función</b>	Horneado del pan.
<b>Descripción de la operación</b>	Ubicado en la última estación. Esta operación es una de las más importantes, puesto que si se sobrepasa del tiempo de horneado, es posible que el pan salga quemado o caso contrario, si no se deja el tiempo suficiente puede que este resulte crudo.
<b>Descripción de la máquina</b>	El horno artesanal usado en la panificadora fue elaborado por los trabajadores encargados, a medida y gusto de los propios dueños puesto que se calculó previamente la cantidad aproximada de panes que elaborarían por lotes. Dicha máquina, debe tener una constante limpieza ya que en las veces que hay un producto final que resulta quemado, el horno queda sucio, lo que conlleva a que el siguiente lote que se saque tenga defectos también y así haya una mayor pérdida.

Fuente: Elaboración propia.

Luego, se procedió a realizar una fórmula, como fue mencionado anteriormente, el cual nos va ha permitido codificar las máquinas de manera fácil y satisfactoria, como se mostrará a continuación.

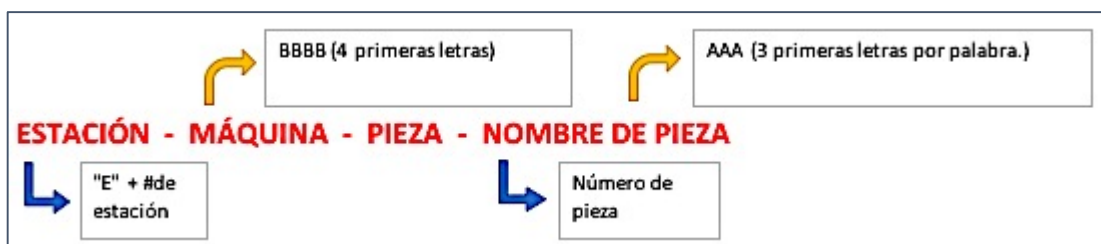


Figura nº16: Fórmula para la codificación de las piezas de las máquinas.

Tabla nº33

Cuadro de codificación de las piezas por cada máquina.

ESTACION	MÁQUINA	PIEZAS	NOMBRE PIEZA	DESCRIPCIÓN	
E1	Balanza (BALA)	1	Carcasa (CAR)	<b>Función Ahorro</b>	Te permite el ahorro de energía.
				<b>Función Cero</b>	El peso debe ser igual o menor que el 4% del fondo de escala. (Display muestra cero)
		2	Plato receptor de carga. (PLA.REC. CAR)	<b>Función Tara.</b>	Para tarar el peso sobre el plato, se utiliza la tecla Tare (Display cero). Al retirar el peso del plato se muestra en display el peso negativo y se ilumina el indicador TARE/ZERO.
		3	Teclado (TEC)	PROGRAMACIÓN DE PARÁMETROS	Unidades de pesaje.
		4	Display (DIS)		Precisión del pesaje.
		5	Nivel (NIV)		Filtro, Estabilidad.
		6	Pies Regulables (PIE.REG)	<b>Programación Rango Alarma.</b>	La balanza debe realizar un sonido acústico cuando sobrepase o no llegue a los rangos de peso que se establezcan.
7	Interruptor de Encendido (INT.ENC)	<b>Carga/Mantenimiento de batería.</b>	Tiempo de carga de batería es de 12 horas.		
E2	Amasadora (AMAS)	7	Switch on/off (SWT)	Cumple la función de encender y apagar la maquina oprimiendo el switch.	
		8	Stop (STP)	Es de color rojo utilizado para parar o detener un proceso y tiene un movimiento horario y anti horario.	
		9	Perilla de rodamiento (PER.ROD)	Su forma es alargada y su utiliza para darle la dirección que se desee al rodamiento o espiral.	



		10	Protect Guard <b>(PROT.GUAR D)</b>	La cubierta esta fabricada en polietileno de alta densidad es transparente y contiene un rodamiento en forma de espiral de acero inoxidable sujeta a ella que gira de tal forma que amasa el alimento. Existe una forma adecuada de cerrar la amasadora para evitar el rompimiento de la cubierta.
		11	Tolva <b>(TOL)</b>	La tolva es un recipiente hecho de acero inoxidable en donde se deposita el alimento para permitir el amasado, está sujeta a la maquina para permitir verter la masa en otro recipiente para el posterior proceso.
		12	Brazo <b>(BRA)</b>	El brazo esta hecho de acero inoxidable que tiene la función de tapar y destapar la cubierta también contiene unos sostenedores.
		13	Motor <b>(MOT)</b>	El motor se localiza en la parte inferior de la maquina, su funcionamiento se deriva de la energía.
<b>E6</b>	Horno <b>(HORN)</b>	14	Chimenea <b>(CHI)</b>	Su función principal es la de sacar la máxima cantidad de humo producido por la combustión en el horno.
		15	Puerta del horno <b>(PUE.HOR)</b>	Permite el acceso de los materiales o ingredientes para la cocción.
		16	Soplete de calentamient o <b>(SOP.CAL)</b>	Permite calentar y preparar la leña antes de la cocción y horneado.

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 2:** En esta fase, se ha realizado el listado y la verificación de funciones y especificaciones técnicas de las piezas de la balanza digital, la amasadora y el horno artesanal, para ello se ha considerado como herramienta de trabajo, una hoja de verificación de funciones y especificaciones, basado en el cumplimiento de estas. En caso exista incumplimiento, se describió ciertas observaciones que permiten una mayor profundidad en el desarrollo del plan de mantenimiento de las máquinas.

Tabla nº34

Hoja de verificación de funciones de la balanza digital.

N°	PIEZAS	FUNCIONES		VERIFICACIÓN		OBSERVACIONES
				CUMPLE	NO CUMPLE	
1	CARCASA	Función Ahorro Batería.	Se debe activar luego de los 40 seg de encendido, sin variar el peso.		NO	El panadero no utiliza esta función. Si se descarga la batería, pues lo vuelve a cargar.
2		Función Cero.	El peso debe ser igual o menor que el 4% del fondo de escala. ( <b>Display muestra cero</b> )	SI		No hay observación.
3	PLATO RECEPTOR DE CARGA	Función Tara.	Para tarar el peso sobre el plato, se utiliza la tecla Tare (Display cero). Al retirar el peso del plato se muestra en display el peso negativo y se ilumina el indicador TARE/ZERO.	SI		No hay observación.
4			Regreso a la situación original, apagado del indicador TARE y el display muestra cero.	SI		No hay observación.
5	TECLADO	Programación de parámetros.	Precisión del display.		NO	No hay observación.
6			Unidades del display.	SI		No hay observación.
7	DISPLAY		Brillo del display.		NO	Debido al inadecuado uso de este equipo, el brillo cada vez es menor, lo que genera una menor visualización del peso.
8			Seguimiento de Cero.	SI		No hay observación.
9	NIVEL		Display trasero.	SI		No hay observación.
10			Filtro, estabilidad	SI		No hay observación.

11	PIES REGULABLES		Ahorro de Energía.		NO	No utilizan este parámetro, ya que lo que buscan es solo pesar.
12		Programación Rango Alarma.	La balanza debe realizar un sonido acústico cuando sobrepase o no llegue a los rangos de peso que se establezcan.		NO	La balanza no realiza este tipo de sonido/alarma.
13	INTERRUPTOR DE ENCENDIDO	Carga/Mantenimiento de batería.	Tiempo de carga de batería es de 12 horas.		NO	El panadero no fija el tiempo de carga de la batería, lo cual genera deterioro del mismo.
14			Si el equipo no va ser usado en un largo tiempo es recomendable cargar la batería al menos cada 3 meses, de lo contrario si el tiempo es corto, se debe cambiar la batería.		NO	Al no fijar tiempo para cargar la batería, esta se malogra constantemente; por lo tanto el panadero tiene que hacer el cambio de batería de la balanza.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°35

Hoja de verificación de especificaciones técnicas de la balanza digital.

Especificaciones técnicas		VERIFICACIÓN		OBSERVACIONES
		CUMPLE	NO CUMPLE	
1	Display LED rojo con 6 dígitos en el 100% de la capacidad	SI		No hay observación.
2	Auto cero 4% de la capacidad.	SI		No hay observación.
3	Alarma de sobrecarga: al pasar 9 divisiones de la capacidad.	SI		No hay observación.
4	Grado de protección IP65	SI		No hay observación.
5	Temperatura de trabajo: 5 - 35°C		NO	El ambiente de la panadería no cumple con las especificaciones de temperatura de trabajo.

6	Temperatura de almacenamiento: -25°C +50°C		<b>NO</b>	El ambiente de la panadería no cumple con las especificaciones de temperatura de almacenamiento.
7	Humedad relativa de almacenamiento: 5%-90%	<b>SI</b>		No hay observación.
8	Humedad relativa de trabajo: 5%-100%.	<b>SI</b>		No hay observación.
9	Suministro eléctrico: AC 220V.	<b>SI</b>		No hay observación.
10	Batería recargable: 6V/4Ah	<b>SI</b>		No hay observación.
11	Funcionamiento de batería superior a 40 horas.		<b>NO</b>	La batería dura menos que las 40 horas estipuladas en el manual.
12	Tiempo de carga de batería: 12 a 15 horas.		<b>NO</b>	El panadero utiliza la batería sin especificar el número de horas de carga.
13	Potencia: 7W.	<b>SI</b>		No hay observación.
14	Capacidad de la balanza: 30kg.	<b>SI</b>		No hay observación.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°36

Hoja de verificación de funciones de la Amasadora.

N°	PIEZAS	FUNCIONES	VERIFICACIÓN		OBSERVACIONES
			CUMPLE	NO CUMPLE	
1	<b>SWITCH ON/OFF</b>	Función de encender y apagar la máquina, oprimiendo este botón.	<b>SI</b>		No hay observación.
2	<b>STOP</b>	Es de color rojo utilizado para detener un proceso y tener un movimiento horario/anti horario.	<b>SI</b>		No hay observación.

3	<b>PERILLA DE RODAMIENTO</b>	Su forma es alargada y se utiliza para darle dirección que se desee al rodamiento o espiral.		<b>NO</b>	Es una de las piezas que mayormente falla, debido al inadecuado uso que el panadero le da.
4	<b>TOLVA</b>	Es un recipiente hecho de acero inoxidable en donde se deposita el alimento, para permitir el amasado. Está sujeta a la máquina para permitir verter la masa en otro recipiente para el posterior proceso.	<b>SI</b>		No hay observación.
5	<b>BRAZO</b>	Esta hecho de acero inoxidable que tiene la función de tapar y destapar la cubierta, también contiene unos sostenedores.		<b>NO</b>	No hay observación.
6	<b>MOTOR</b>	Se localiza en la parte inferior del brazo. Su funcionamiento permite la ejecución de todas las piezas de la máquina.	<b>SI</b>		Es otra de las piezas que mayormente falla, debido a que no se cumple con las especificaciones técnicas de la máquina.
7	<b>PROTECT GUARD</b>	Protege el proceso de amasado.		<b>NO</b>	La amasadora con cuenta con esta pieza. Según panadero, había sufrido una ruptura, que hasta el día de hoy no es reparada.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°37

Hoja de verificación de especificaciones técnicas de la Amasadora.

Especificaciones técnicas		VERIFICACIÓN		OBSERVACIONES
		CUMPLE	NO CUMPLE	
1	Capacidad en harina: 100 kg.	<b>SI</b>		No hay observación.
2	Auto cero 4% de la capacidad.			

2	Capacidad en masa: 150 kg.	SI		No hay observación.
4	Grado de protección IP65	SI		No hay observación.
3	Potencia en motor agitador: 7/11 KW.			No hay observación.
6	Temperatura de almacenamiento: -25°C +50°C		NO	El ambiente de la panadería no cumple con las especificaciones de temperatura de almacenamiento.
4	Potencia en motor de taza: 0.85 KW.	SI		No hay observación.
8	Humedad relativa de trabajo: 5%-100%.	SI		No hay observación.
5	Velocidad de motor: 850 - 1700 rpm.			Debido a días con mayor demanda de pan, el panadero sobreexige a la máquina a avanzar más rápido, por lo tanto la velocidad del motor excede su valor especificado en su manual.
6	Tensión eléctrica: 220 - 380 - 440V	SI		No hay observación.
7	Frecuencia: 50/60Hz.			No hay observación.
8	Fases: Trifásico.			No hay observación.
9	Velocidad de agitador: 152 - 305 rpm.			De igual manera el agitador, aumenta su velocidad para alcanzar la producción planificada de masa mezclada.
10	Velocidad del tazón: 17.5 rpm.			En muchas ocasiones, la velocidad del tazón excede los 17.5 rpm, debido a que se produzca el pan en menor tiempo posible.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°38

Hoja de verificación de funciones del horno artesanal.

N°	PIEZAS	FUNCIONES	VERIFICACIÓN		OBSERVACIONES
			CUMPLE	NO CUMPLE	
1	TECHO	Debe abrirse para permitir un enfriado más rápido.	SI		No hay observación.
2	PUERTA	Permite el acceso de los materiales o ingredientes para la cocción.	SI		No hay observación.

3	<b>AGUJEROS EN LA BASE</b>	Estos agujeros sirven para dejar pasar las llamas y el calor.			No hay observación.
4	<b>CHIMENEA</b>	Su función principal es la de sacar la máxima cantidad de humo producido por la combustión en el horno.	SI		La panadería genera gran cantidad de humo al día, lo cual ocasiona un impacto medioambiental para el aire
5	<b>PAREDES</b>	Estas permiten una mayor concentración de la cocción. <b>(No debe contar con grietas)</b>		NO	Las paredes cuenta varias grietas, debido al gran tiempo de uso de este horno.
6	<b>COMBUSTIÓN</b>	Esta debe mantener la cantidad necesaria de leña para que se logre una exitosa cocción. Cada leña debe ser introducida cada 10 a 15 segundos. La cantidad es acorde a la producción de pan.			El panadero realiza la combustión pero sin tomar ningún tiempo al momento de introducir la leña.
7	<b>BOCA DEL HORNO.</b>	Lugar donde se alimentaba el horno, en este caso es de leña.			No hay observación.

Fuente: Elaboración propia.

A partir de estas hojas de verificación, se ha obtenido los siguiente resultados con respecto al cumplimiento y conformidad de las funciones y especificación de las máquinas utilizadas para la línea de producción de pan de piso.

Tabla n°39

Resultados de conformidad de funciones y especificación por máquina.

MÁQUINAS	CONFORMIDAD DE FUNCIONES					CONFORMIDAD DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS				
	N° de funciones	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Porcentaje de cumplimiento.	Porcentaje de incumplimiento.	N° de Esp. Técnicas.	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Porcentaje de cumplimiento.	Porcentaje de incumplimiento
BALANZA DIGITAL	14	7	7	50.00%	50.00%	14	10	4	71.43%	28.57%
AMASADORA	7	4	3	57.14%	42.86%	10	7	3	70.00%	30.00%
HORNO ARTESANAL	7	5	2	71.43%	28.57%	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 3:** Esta fase consiste en la elaboración de un árbol de fallas para cada máquina. Dicha herramienta radica en un análisis que permite confirmar o descartar las originales causas de dichas fallas. A partir de ello, se determina la localización de los fallos funcionales y técnicos.



**a. Balanza digital.**

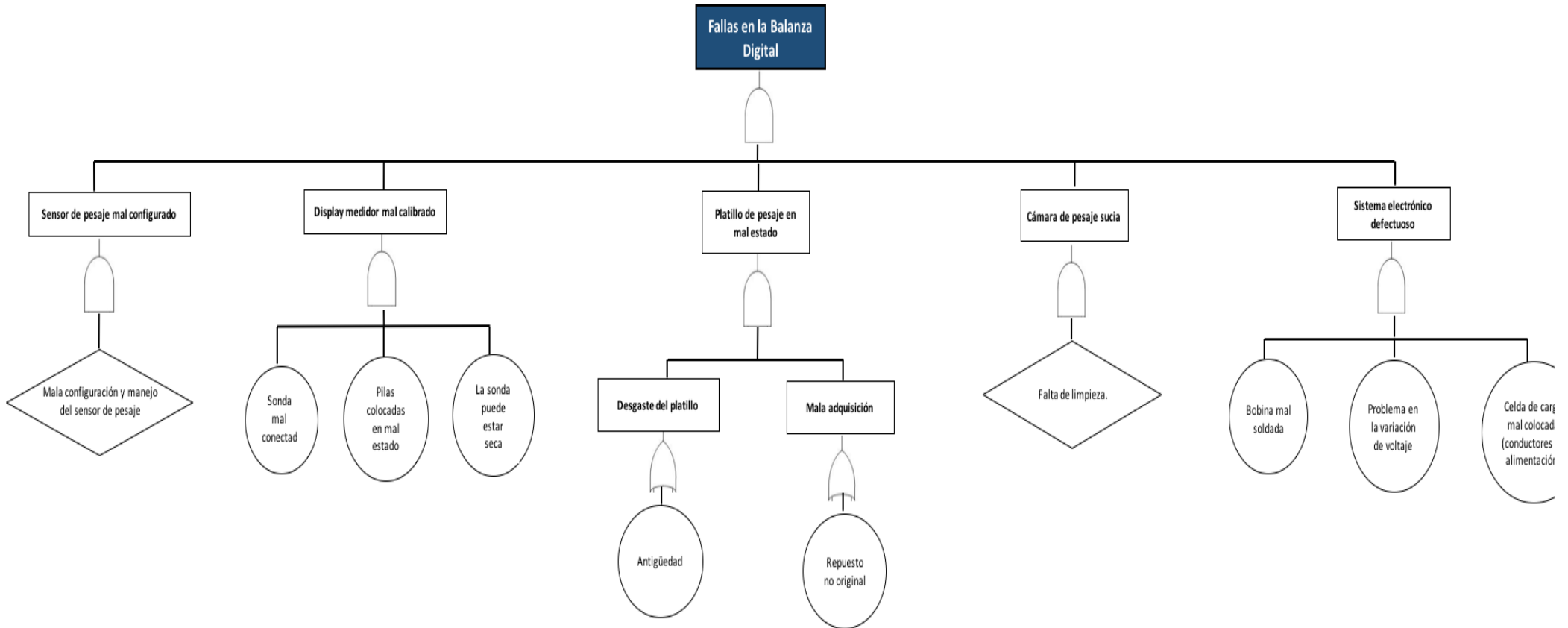


Figura n°17: Arbol de fallas de la balanza digital.

Al finalizar el análisis de fallas en la balanza digital, se ha determinado que parte de las causas por las que hay una mala configuración o calibrado del display o sensores, es por una mala operación; lo mismo pasa con la cámara de pesaje, como por ejemplo el no realizar una correcta conexión, o no asegurarse del buen estado de pilas/baterías y su limpieza correspondiente. En caso del platillo de pesaje, se da por una mala gestión en sus piezas, en las que sus causas son la antigüedad de estas o el no contar con piezas originales (Ver Tabla n°37).

Tabla n°40

*Fallas funcionales y técnicas de la balanza digital.*

Pieza	n° función/Esp.	FALLAS FUNCIONALES	FALLAS TÉCNICAS	Causas Potenciales de falla
Teclado	F5	Sensor de pesaje mal configurado.	-	Mala configuración y manejo del sensor de pesaje.
Pies regulables	F11	Display medidor mal calibrado.	-	Sonda mal conectada.
			-	Pilas colocadas en mal estado.
Display	F7	-	-	La sonda puede estar seca.
	F5	-	Platillo de pesaje en mal estado.	Antigüedad del platillo. Repuesto no original.
	F7	-	Cámara de pesaje sucia.	Falta de limpieza.
Sistema eléctrico	Esp12	Sistema eléctrico defectuoso	-	Bobina mal soldada.
	Esp11		-	Problemas con la variación del voltaje.
	Esp5 & Esp6		-	Celda de carga mal colocada.

Fuente: Elaboración propia.

**b. Amasadora industrial.**

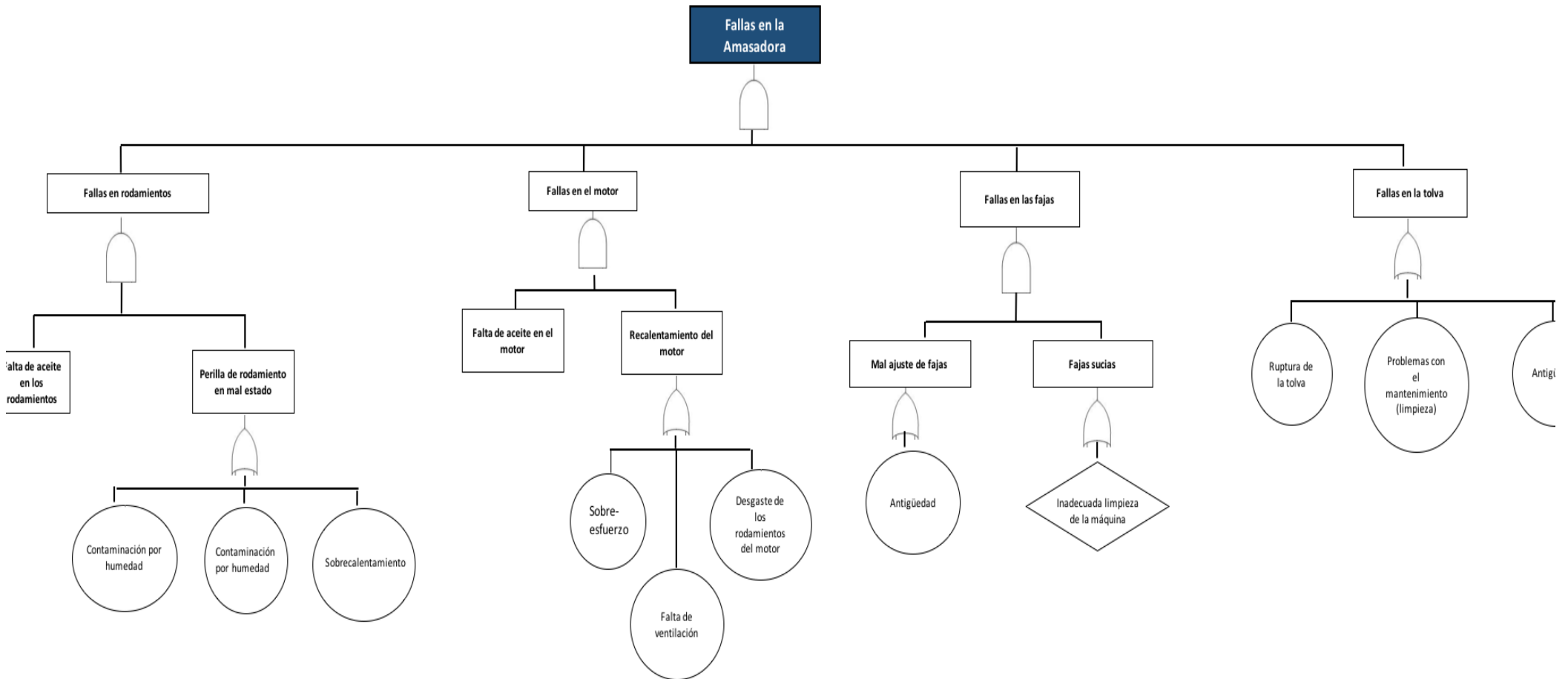


Figura n°18: Árbol de fallas de la amasadora industrial.

En el caso de la amasadora, una de las causas principales de sus fallas es la falta de aceite en sus piezas, ya sea en rodamientos y motor. Otra, sería el exceso de uso que se les da, lo cual ocasiona un sobre esfuerzo de estas máquinas, así como sobrecalentamiento. Asimismo, estas al tener tiempo de antigüedad y no cumplir con un reemplazo de sus piezas adecuadamente, la máquina tiende a fallar. (Ver Tabla n°38)

Tabla n°41

*Fallas funcionales y técnicas de la amasadora industrial.*

Pieza	n <sup>a</sup> función/Esp.	FALLAS FUNCIONALES	FALLAS TÉCNICAS	Causas Potenciales de falla
Perilla de rodamiento.	F3	Rodamientos en mal estado.	-	Falta de aceite en los rodamientos.
	F3			Contaminación por humedad
	F3			Sobrecalentamiento
Motor	-	Fallas en el motor/Recalentamiento.	-	Falta de aceite en el motor
	F5			Sobresfuerzo
	Esp10			Falta de ventilación
	Esp5			Desgaste de los rodamientos del motor.
Faja.	-	Fallas en las fajas.	-	Antigüedad de las fajas.
	-			Inadecuada limpieza de las fajas.
Tolva.	F7	-	Fallas en la tolva	Rotura de la tolva.
	-			Falta de limpieza.
	Esp9			Antigüedad.

Fuente: Elaboración propia.

**c. Horno artesanal.**

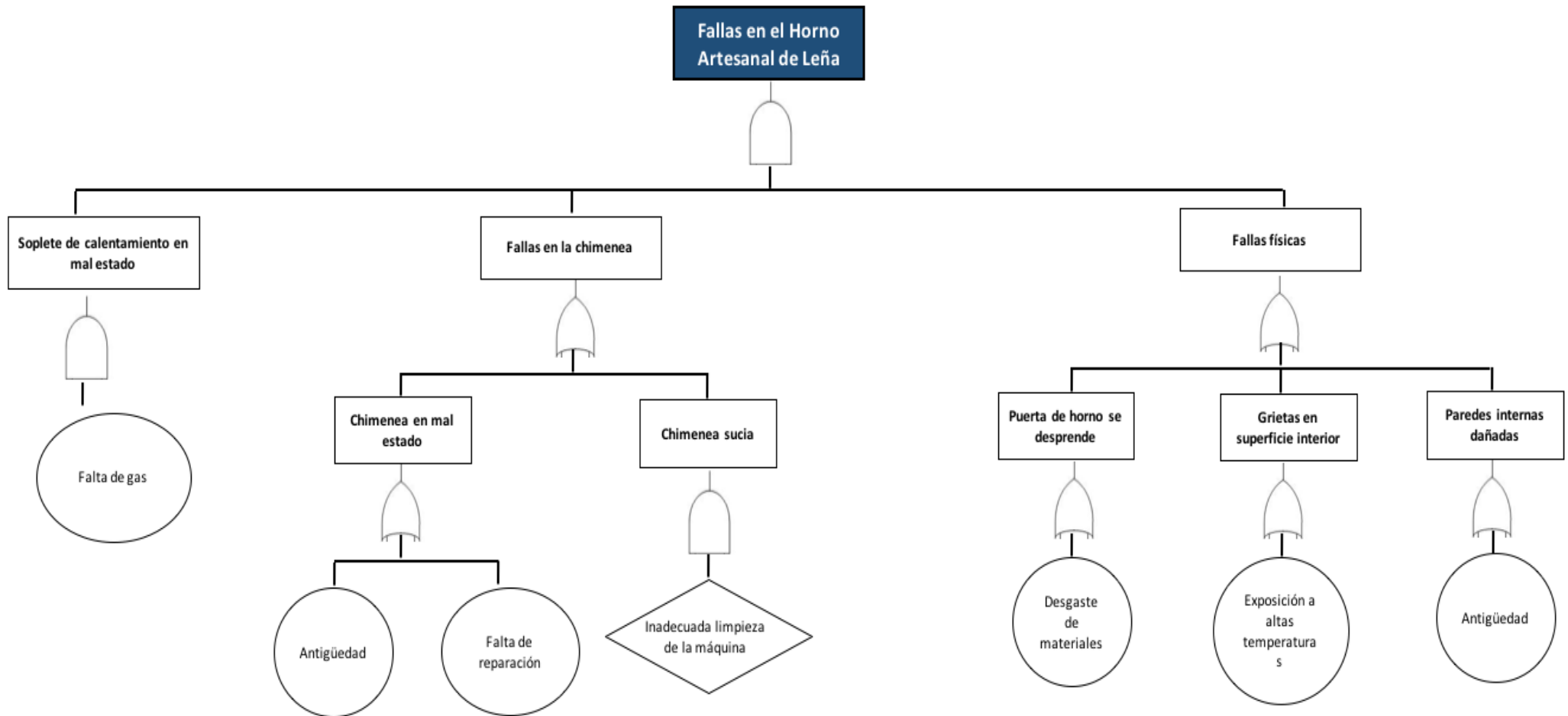


Figura n°19: Árbol de fallas en el horno artesanal de leña.

Finalmente en el Horno, su causa más relevante es la antigüedad que presenta, puesto que es la máquina más antigua de la empresa. Además se ha observado que sus fallas se deben a un descuido por parte de los encargados al no asegurarse del estado de los componentes del horno. (Ver Tabla n°39)

Tabla n°42

*Fallas funcionales y técnicas del horno artesanal.*

Parte	n <sup>a</sup> función/Esp.	FALLAS FUNCIONALES	FALLAS TÉCNICAS	Causas Potenciales de falla
Soplete	-	Soplete de calentamiento en mal estado	-	Falta de gas.
Chimenea	-	Fallas en la chimenea.	-	Antigüedad.
	-			Falta de reparación de la chimenea.
	-			Inadecuada limpieza de la chimenea.
Puerta	-	-	Puerta de horno se desprende.	Degaste de los materiales.
Parte interior	F6	-	Grietas en superficie interior.	Exposición a altas temperaturas.
Paredes	F5		Paredes internas dañadas.	Antigüedad del horno artesanal.

Fuente: Elaboración propia.

Luego del desarrollo de esta fase, se ha concluido que las máquinas presentan las siguientes fallas funcionales y técnicas.

Tabla n°43

*Fallas funcionales y técnicas de las máquinas.*

MÁQUINA	FALLAS FUNCIONALES	FALLAS TÉCNICAS
<b>BALANZA DIGITAL</b>	Sensor de pesaje mal configurado.	-
	Display medidor mal calibrado.	-
	-	Platillo de pesaje en mal estado.
	-	Cámara de pesaje sucia.
	Sistema eléctrico defectuoso	-
<b>AMASADORA</b>	Rodamientos en mal estado.	-
	Fallas en el motor/Recalentamiento.	-

	Fallas en las fajas.	-
	-	Fallas en la tolva
<b>HORNO ARTESANAL</b>	Soplete de calentamiento en mal estado	-
	Fallas en la chimenea.	-
	-	Puerta de horno se desprende.
	-	Grietas en superficie interior.
	-	Paredes internas dañadas.

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 4:** En esta etapa, se ha elaborado la herramienta AMEF (Análisis modal de fallas y efectos) para determinar la técnica de probabilidad de riesgo de cada modo y efecto de falla de las piezas en las máquinas, balanza digital, amasadora y el horno artesanal; además de las causas de cada una de ellas, determinadas en el árbol de fallas, anteriormente (Ver Tabla nº40). Para obtener los resultados, se ha usado criterios establecidos para la obtención del número de prioridad de riesgo (NPR).

Para la ejecución del AMEF, se ha considera los siguientes pasos:

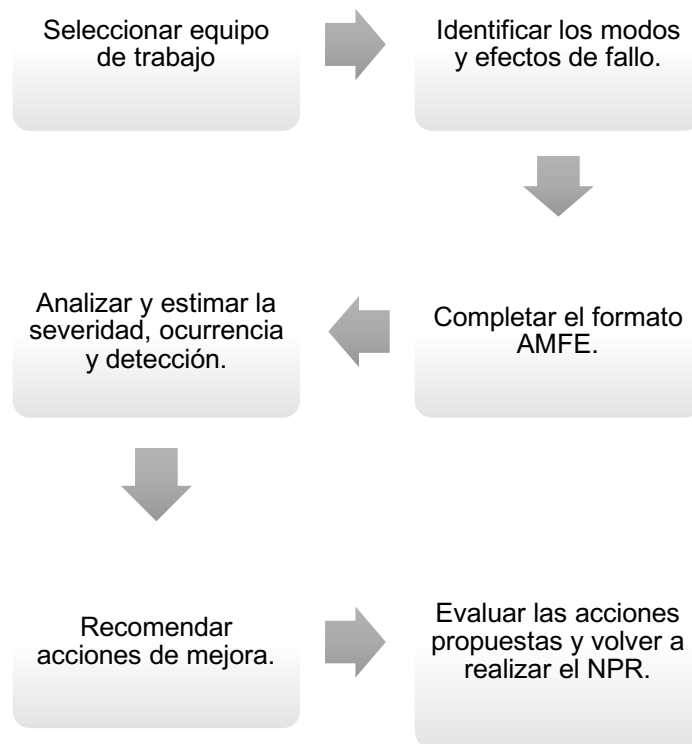


Figura nº20: Procedimiento de la ejecución del AMEF.

Tabla n°44

Nivel de gravedad en el AMEF.

Descripción de los componentes (Se considera componentes que no cumplen con su función)		Función u operación de la fase.	Modo/s potencial/es de fallo	Efecto/s potencial/es del fallo	Gravedad
<b>BALANZA DIGITAL</b>	Carcasa	Ahorro de energía.	Rotura de la carcasa.	Imposible ahorrar energía.	2
	Teclado y Display	Programación de parámetros. (Precisión de pesaje/brillo/ahorro de energía)	Rotura del display.	Imposible programar los parámetros de forma correcta.	8
			Mala configuración de parámetros.	Poco brillo de pantalla led.	3
			Cámara de pesaje sucia.	Visualización borrosas de las cantidades.	4
			Medidor de pesaje en mal estado.	Pesaje poco preciso.	4
	Interruptor	Carga/Mantenimiento de la batería.	Calentamiento excesivo.	Rotura del Interruptor.	6
<b>AMASADORA</b>	Perilla de rodamiento	Dirección que se desee al rodamiento o espiral.	Rotura del rodamiento.	Imposible dar dirección al espiral.	7
			Dureza en las fajas.	Paradas del rodamiento.	4
	Brazo	Tapar y destapar la cubierta.	Brazo roto.	Imposible tapar y destapar la cubierta.	8
			Oxidación.	Rotura del brazo.	8
	Protect Guard	Protege el proceso de amasado.	Mal montaje.	Poca protección del proceso de amasado.	5
			Rotura de la estructura.	Imposible proteger el proceso de amasado.	6
<b>HORNO ARTESANAL</b>	PAREDES	Concentración de la cocción/calentamiento.	Grietas.	Poca concentración de la cocción.	4



	ÁREA DE COMBUSTIÓN.	Manipulación de la leña.	Rotura de la puerta.	Mala combustión.	5
			Soplete de calentamiento en mal estado.	Calentamiento lento de leña	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°45

Nivel de ocurrencia en el AMEF.

Descripción de los componentes (Se considera componentes que no cumplen con su función)		Función u operación de la fase.	Modo/s potencial/es de fallo	Causa(s) potencial(es) del fallo(s)	Ocurrencia
<b>BALANZA DIGITAL</b>	Carcasa	Ahorro de energía.	Rotura de la carcasa.	Mala calidad del material.	4
	Teclado y Display	Programación de parámetros. (Precisión de pesaje/brillo/ahorro de energía)	Rotura del display.	Incumplimiento del especificaciones/Antigüedad/Repuesto no original.	4
			Mala configuración de parámetros.	Manipulación inadecuada/Sonda mal conectada o seca.	5
			Cámara de pesaje sucia.	Falta de limpieza.	7
			Medidor de pesaje en mal estado.	Mala configuración y manejo del sensor de pesaje.	6
	Interruptor	Carga/Mantenimiento de la batería.	Calentamiento excesivo.	Falta de cumplimiento de especificación.	6
				Problema en la variación de voltaje/Celda de carga mal colocada/Bobina mal soldada.	6
<b>AMASADORA</b>	Perilla de rodamiento	Dirección que se desee al rodamiento o espiral.	Rotura del rodamiento.	Sujeción débil/Sobrecalentamiento.	4
			Dureza en las fajas.	Falta de lubricación/Contaminación por humedad/Desgaste de los rodamientos del motor.	6
	Brazo	Tapar y destapar la cubierta.	Brazo roto.	Mala calidad de la estructura/Sobre-esfuerzo.	4
			Oxidación.	Tipo de material.	3

	Protect Guard	Protege el proceso de amasado.	Mal montaje.	Manipulación inadecuada/Falta de ventilación.	3
			Rotura de la estructura.	Mala calidad de la estructura/Antigüedad.	4
<b>HORNO ARTESANAL</b>	PAREDES	Concentración de la cocción/calentamiento.	Grietas.	Falta de mantenimiento/Antigüedad.	7
	ÁREA DE COMBUSTIÓN.	Manipulación de la leña.	Rotura de la puerta.	Mala calidad del material/Antigüedad.	5
			Soplete de calentamiento en mal estado.	Manipulación inadecuada/Falta de gas.	5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°46

Nivel de detección n. en el AMEF.

Descripción de los componentes (Se considera componentes que no cumplen con su función)		Función u operación de la fase.	Modo/s potencial/es de fallo	Verificación(es) y/o control(es) actual(es)	Detección n
<b>BALANZA DIGITAL</b>	Carcasa	Ahorro de energía.	Rotura de la carcasa.	Ninguno.	2
	Teclado y Display	Programación de parámetros. (Precisión de pesaje/brillo/ahorro de energía)	Rotura del display.	Ninguno.	3
			Mala configuración de parámetros.	Ninguno.	6
			Cámara de pesaje sucia.	Ninguno.	1
			Medidor de pesaje en mal estado.	Ninguno.	7
	Interruptor	Carga/Mantenimiento de la batería.	Calentamiento excesivo.	Ninguno.	5
Ninguno.				6	
<b>AMASADORA</b>	Perilla de rodamiento		Rotura del rodamiento.	Ninguno.	2

		Dirección que se desee al rodamiento o espiral.	Dureza en las fajas.	Ninguno.	4
	Brazo	Tapar y destapar la cubierta.	Brazo roto.	Ninguno.	1
			Oxidación.	Ninguno.	3
	Protect Guard	Protege el proceso de amasado.	Mal montaje.	Ninguno.	4
			Rotura de la estructura.	Ninguno.	2
	HORNO ARTESANAL	PAREDES	Concentración de la cocción/calentamiento.	Grietas.	Ninguno.
ÁREA DE COMBUSTIÓN.		Manipulación de la leña.	Rotura de la puerta.	Ninguno.	1
			Soplete de calentamiento en mal estado.	Ninguno.	3

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la realización y análisis de cada paso del AMEF, se ha procedido a obtener los siguientes resultados actuales de NPR.

Tabla n°47

*Nivel de Prioridad de Riesgo de las máquinas.*

MÁQUINAS	Modo/s potencial/es de fallo	NPR actual	Interpretación
<b>BALANZA DIGITAL</b>	Rotura de la carcasa.	16	Riesgo de falla bajo.
	Rotura del display.	96	Riesgo de falla bajo.
	Mala configuración de parámetros.	90	Riesgo de falla bajo.
	Cámara de pesaje sucia.	28	Riesgo de falla bajo.
	Medidor de pesaje en mal estado.	168	Riesgo de falla bajo.
	Calentamiento excesivo.	180 216	Riesgo de falla bajo. Riesgo de falla bajo.
<b>AMASADORA</b>	Rotura del rodamiento.	56	Riesgo de falla bajo.
	Dureza en las fajas.	96	Riesgo de falla bajo.
	Brazo roto.	32	Riesgo de falla bajo.
	Oxidación.	72	Riesgo de falla bajo.
	Mal montaje.	60	Riesgo de falla bajo.
	Rotura de la estructura.	48	Riesgo de falla bajo.
<b>HORNO ARTESANAL</b>	Grietas.	140	Riesgo de falla bajo.
	Rotura de la puerta.	25	Riesgo de falla bajo.
	Soplete de calentamiento en mal estado.	75	Riesgo de falla bajo.

Fuente: Elaboración propia.

Por lo tanto para reducir el NPR actual, se ha propuesto realizar las siguientes acciones correctivas y preventivas, que permitan gestionar y solucionar de forma adecuada cada modo potencial de fallo de las máquinas.

Tabla n°48

*Acciones correctivas y preventivas de mantenimiento.*

Acción(es) recomendada(s)	Área(s) / persona(s) responsable(s)
Inspección diaria.	Panadero (1° y 2° turno)
Revisión preventiva de especificaciones.	Panadero (1° y 2° turno)
Revisión preventiva de especificaciones.	Panadero (1° y 2° turno).
Limpieza diaria.	Panadero (1° y 2° turno)

Revisión preventiva de especificaciones.	Panadero (1º y 2º turno)
Revisión preventiva de especificaciones.	Panadero (1º y 2º turno)
Revisión eléctrica.	Técnico electricista.
Revisión física de piezas.	Panadero (1º y 2º turno)
Lubricación de fajas.	Técnico de mantenimiento.
Revisión preventiva de la estructura.	Panadero (1º y 2º turno)
Cambio de material.	Panadero (1º y 2º turno)
Revisión y cumplimiento de manual.	Panadero (1º y 2º turno)
Revisión preventiva de la estructura.	Panadero (1º y 2º turno)
Planificación de Mantenimiento	Supervisor de mantenimiento.
Cambio de material.	Panadero (1º y 2º turno)
Revisión preventiva de la estructura.	Panadero (1º y 2º turno)

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 5:** Para el desarrollo de esta fase, se utilizó la técnica de análisis de criticidad de máquinas. Este análisis se llevó a cabo con una matriz de criticidad, en el cual se ha considerado ciertos criterios de evaluación.

#### CRITERIOS DE ANÁLISIS

(Basados en la línea de producción y las máquinas)

- Producción.
- Valor Técnico.

#### **Daños secuenciales**

- A la Máquina.
- Al proceso.
- Al personal Operador.
- Dependencia logística.
- Dependencia de MO de mantenimiento.
- Probabilidad de fallas (confiabilidad).
- Facilidad de reparación (mantenibilidad).
- Flexibilidad del sistema.

A partir de estos criterios, se ha determinado la siguiente ponderación para la obtención de resultados.

Tabla n°49

*Ponderación de Criticidad de las máquinas.*

PONDERACIÓN DE CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS		
CRÍTICA	19 a 22	<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>
IMPORTANTE	13 a 19	
CONVENIENTE	06 a 13	<b>MANTENIMIENTO CORRECTIVO</b>
OPCIONAL	00 a 06	

Fuente: García S. (2009) & Torre L. (2005).

Posteriormente, se ha obtenido que la máquina crítica del proceso es la amasadora, con un puntaje de 21, lo cual también evidencia que necesita un plan de mantenimiento preventivo.

Tabla n°50

Matriz de Criticidad de las máquinas.

CRITERIOS DE ANÁLISIS (Basados en la línea de producción y las máquinas)	CONCEPTO	PONDERACIÓN (FRECUENCIA)			PUNTOS
		BALANZA DIGITAL	AMASADORA	HORNO ARTESANAL	
PRODUCCIÓN	Para		3	3	1 a 3
	Reduce	2			
	No para				
VALOR TÉCNICO	Alto		3		1 a 3
	Medio	2			
	Bajo			1	
<b>DAÑOS SECUENCIALES</b>					
A la Máquina	Sí	2	2	2	0 a 2
	No				
Al proceso	Sí	2	2	2	0 y 2
	No				
Al personal Operador	Riesgo		2	2	0 y 2
	Sin Riesgo	0			
DEPENDENCIA LOGÍSTICA	Extranjero				1 y 2
	Local	1	1	1	
DEPENDENCIA DE M.O DE MANTENIMIENTO.	Terceros				1 y 2
	Propia	1	1	1	
PROBABILIDAD DE FALLAS (Confiabilidad)	Alta		2		1 y 2
	Baja	1		1	
FACILIDAD DE REPARACIÓN (Mantenibilidad)	Alta	1			1 y 2
	Baja		2	2	
FLEXIBILIDAD DEL SISTEMA	Respaldo disponible				1 a 3
	Respaldo compartido	2		2	
	No existe respaldo.		3		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°51

Resultados de criticidad de las máquinas.

RESULTADOS			
TOTAL PONDERACIÓN	14	21	17
NIVEL	IMPORTANTE	CRÍTICA	IMPORTANTE
TIPO DE MANTENIMIENTO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO	MANTENIMIENTO PREVENTIVO
MÁQUINA CRÍTICA	AMASADORA		

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 6:** Para el desarrollo de esta fase se ha optado por realizar la técnica de análisis de medidas preventivas (después de tener un cuadro resumen de la matriz AMEF); la cual, mediante la herramienta de un árbol de decisión seguida de su matriz correspondiente, nos ha ayudado a encontrar finalmente las tareas que se deben realizar, en un tiempo determinado, para un correcto funcionamiento de las máquinas críticas, en este caso la amasadora. Para este árbol de decisión, se ha considerado las consecuencias generadas del fallo oculto, para la seguridad o medio ambiente, operacionales y no operacionales.

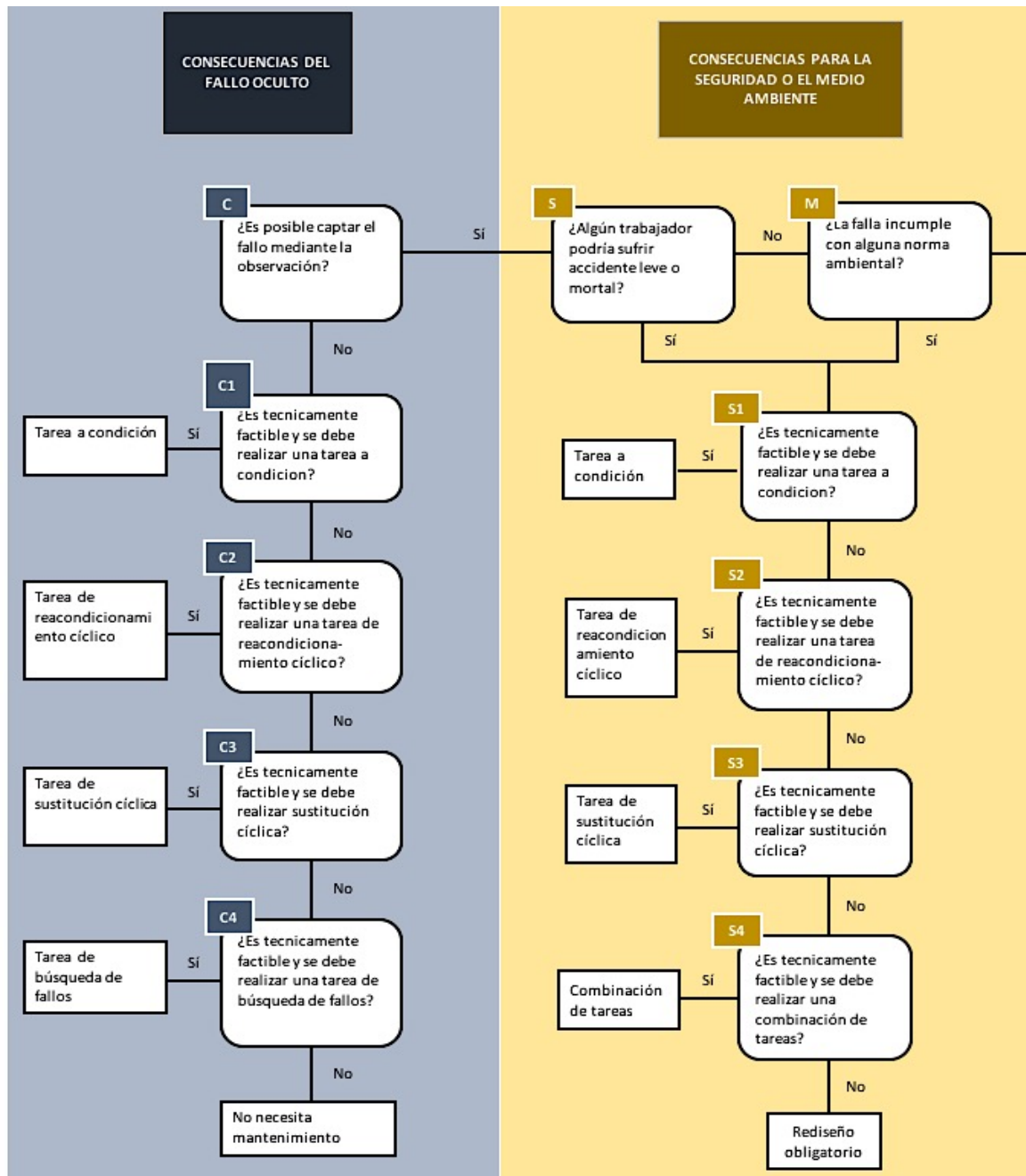


Figura n°21: Arbol I de decisión de RCM.

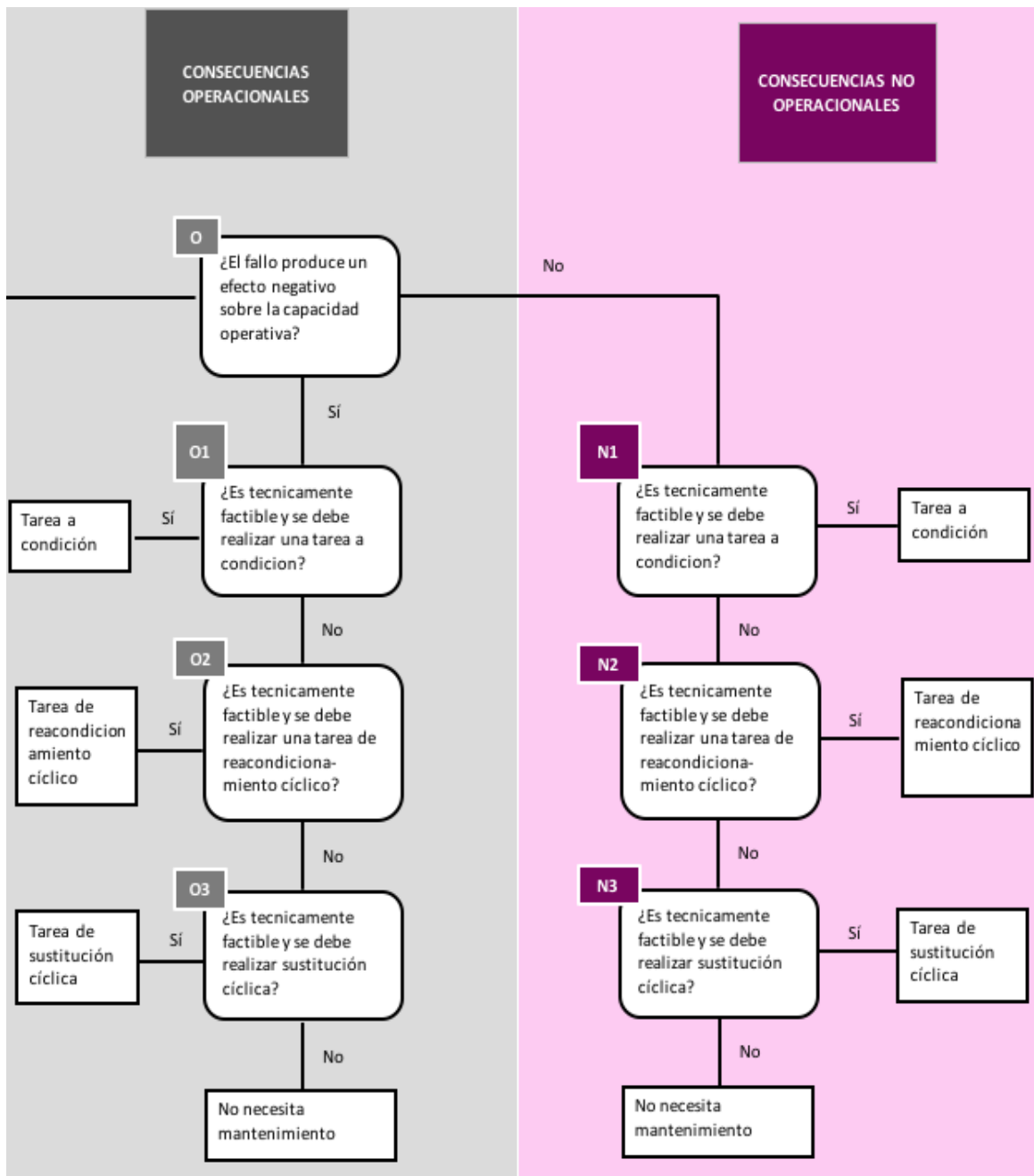


Figura n°22: Arbol II de decisión de RCM.

En base a este árbol de decisión, en primer lugar, se ha recopilado un cuadro resumen de la fase IV, donde se desarrolló el AMFE, además se ha considerado el estudio sólo de la máquina crítica determinada en la fase anterior.



Tabla n°52

Cuadro resumen del AMFE de la amasadora.

AMASADORA								
#	Componente	#	Función	#	Fallo Funcional	#	Modo de Fallo	Efecto de Fallo
A	Perilla de rodamiento	1	Dirección que se desee al rodamiento o espiral.	1	No brinda la dirección al rodamiento o espiral.	1	Rotura del rodamiento.	Imposible dar dirección al espiral.
						2	Dureza en las fajas.	Paradas del rodamiento.
B	Brazo	2	Tapar y destapar la cubierta.	2	Mantener la cubierta descubierta.	3	Brazo roto.	Imposible tapar y destapar la cubierta.
						4	Oxidación.	Rotura del brazo.
C	Protect Guard	3	Protege el proceso de amasado.	3	No protege el proceso de amasado.	5	Mal montaje.	Poca protección del proceso de amasado.
						6	Rotura de la estructura.	Imposible proteger el proceso de amasado.

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar; a partir de esa información, se ha desarrollado la siguiente matriz y hoja de decisión:

Tabla n°53

Matriz de decisión de RCM en la amasadora.

CODIFICACIÓN AMEF	Actividad de mantenimiento según el árbol lógico de decisión	Acción de mantenimiento elegida para ejecutar	Frecuencia de actuación					
			Mensual	Bimestral	Semestral	Anual		
<b>A</b>								
1	1	1	Sustitución cíclica	Sustitución del rodamiento				
1	1	2	Búsqueda de fallos	Verificación del buen estado de las fajas y su buen funcionamiento				
<b>B</b>								
2	2	3	Sustitución cíclica	Sustituir el material roto				
2	2	4	Tarea a condición	Supervisar el estado en el que funciona el elemento				

C								
3	3	5	Reacondicionamiento cíclico	Ajuste de la instalación del elemento				
3	3	6	Sustitución cíclica	Sustituir la estructura rota				

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°54

Hoja de decisión de RCM en la amasadora.

Información de Referencia	Evaluación de las consecuencias				Proceso de selección S = SI, N = NO												Actividad de mantenimiento según el árbol lógico de decisión del RCM	Tareas propuestas	Frecuencia	Condición máquina					
	F	FF	MF	C	S	M	O	C1	C2	C3	C4	S1	S2	S3	S4	O1					O2	O3	N1	N2	N3
A																									
1	1	1	S	N	N	S										N	N	S				Sustitución cíclica	Sustitución del rodamiento	Semestral	Parada
1	1	2	N				N	N	N	S												Búsqueda de fallos	Verificación del buen estado de las fajas y su buen funcionamiento	Mensual	Parada
B																									
2	2	3	S	S							N	N	S									Sustitución cíclica	Sustituir el material roto	Anual	Parada
2	2	4	S	N	S						S											Tarea a condición	Supervisar el estado en el que funciona el elemento	Bimestral	Parada
C																									
3	3	5	S	N	N	S										N	S					Reacondicionamiento cíclico	Ajuste de la instalación del elemento	Semestral	Parada
3	3	6	S	S							N	N	S									Sustitución cíclica	Sustituir la estructura rota	Anual	Parada

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se ha determinado las tareas consideradas para el mantenimiento de las piezas claves de la máquina más crítica, en este caso, la amasadora. Estas medidas preventivas se han detallado en una matriz de decisión.

Tabla n°55

*Medidas preventivas para el mantenimiento de las tres principales piezas de la amasadora.*

<b>A Perilla de rodamiento</b>	
	1 Inspección general de rodamientos
	1 Asegurarse de la buena instalación de rodamientos
	1 Limpieza inicial: zona de rodamientos
	1 Cuidar a los rodamientos de una sobrecarga
	1 Lubricar rodamientos
	2 Inspección general de cinta/faja
	Dirigir al personal y aprovechar la
	2 capacidad volumétrica que posee la mezcladora
	2 Asegurarse de que no haya un sobreesfuerzo de la máquina
	2 Verificar que la faja/cinta esté bien instalada
<b>B Brazo</b>	
	3 Inspección general del estado del brazo
	3 Lubricar rodamientos del brazo
	Controlar la cantidad de masa para evitar el sobreesfuerzo
	3 del componente
	3 Limpieza externa
	4 Proteger la superficie con deshumidificadores
	4 Mantener seco el elemento después de su uso
	4 Pintar superficie
<b>C Protect Guard</b>	
	5 Inspección general del montaje del protect guard.
	5 Verificar el correcto funcionamiento del elemento.
	6 Limpieza a zona de protect guard.
	6 Asegurarse del buen estado de trabajo del protect guard.

Fuente: Elaboración propia.

**Fase 7:** Para esta última fase, se ha utilizado la técnica de programación de tareas de mantenimiento, considerando el tiempo de realización, la frecuencia, el ejecutor, los días en que se llevarán a acabo, costos de implementación y la condición de la máquina amasadora, siendo la máquina crítica del proceso productivo de pan de piso. Además, se ha utilizado como parte del Mantenimiento preventivo, un mantenimiento autónomo; el cual ha permitido que el personal desarrolle la capacidad de encontrar anomalías más rápidamente, en el día a día. Para ello se ha considerado 4 actividades principales, incluidos en el plan de Mantenimiento Preventivo para la amasadora (Tabla n°57).

Tabla nº56

*Mantenimiento Autónomo.*

<b>ACTIVIDADES DE MANTENIMIENTO AUTÓNOMO EN LA MÁQUINA CRÍTICA</b>		
<b>LIMPIEZA INICIAL</b>	Concepto	Es un modo de Inspección básica.
		El personal adquiere compromiso y conocimiento de la máquina.
		Eliminación de grasa, polvo y suciedad de la máquina.
	Actividades	1. Limpieza inicial: Zona de rodamientos
		2. Limpieza externa.
		3. Limpieza a zona de protect guard.
<b>RUTAS DE LUBRICACIÓN</b>	Concepto	Establecimiento de tiempos de lubricación y ajuste de la máquina.
		Periodicidad de lubricación
	Actividades	1. Lubricación de rodamientos.
		2. Lubricación del brazo mecánico de la amasadora industrial.
<b>INSPECCIÓN GENERAL</b>	Concepto	Enfoque de detección de modos de falla de la máquina.
		Capacitación al personal sobre inspección de la máquina.
	Actividades	1. Inspección general de rodamientos.
		2. Inspección general del estado del brazo de la amasadora.
		3. Inspección general del montaje del protect guard.
<b>ORGANIZACIÓN Y CONTROL</b>	Concepto	Evaluación del personal y establecimiento de sus responsabilidades.
	Actividades	1. Aprovechamiento de la capacidad volumétrica de la mezcladora.
		2. Asegurar el no sobreesfuerzo de la máquina.
		3. Control de la cantidad de masa en la amasadora.
		4. Asegurar el buen estado de trabajo del protect guard

Fuente: Elaboración propia.

Para llevar a cabo el mantenimiento autónomo, se ha elaborado los siguientes formatos de gestión:

a. Limpieza Inicial:

**a.1. Ficha técnica:**

Una ficha técnica permite registrar las características técnicas y variables físicas de cada equipo o máquina. El formato de la ficha técnica se muestra en la siguiente tabla:

FICHA TÉCNICA DE MANTENIMIENTO PARA MÁQUINAS					
DATOS DE LA MÁQUINA					
NOMBRE		MODELO	AÑO DE FABRICACIÓN		
CÓDIGO		DIMENSIONES	L:	A:	A:
TRABAJO					
CRÍTICA		TURNO	M:	T:	N:
ESTADO DE LAS PIEZAS DE LA MÁQUINA					
<b>Pieza 1</b>	Buen estado		Mal estado		
<b>Pieza 2</b>	Buen estado		Mal estado		
<b>Pieza 3</b>	Buen estado		Mal estado		
<b>Pieza 4</b>	Buen estado		Mal estado		
<b>Pieza 5</b>	Buen estado		Mal estado		
OBSERVACIONES					

Figura n°23: Ficha técnica.

**a.2. Ficha de limpieza general de la máquina:**

Esta ficha cumple la función de un checklist para verificar el cumplimiento de la limpieza diaria de las máquinas, de tal manera que estas operen en las mejores condiciones posibles, previniendo fallas a largo plazo.

FICHA DE LIMPIEZA GENERAL DE LA MÁQUINA			
<b>CÓDIGO</b>		FOTO DE LA MÁQUINA	
<b>MODELO</b>			
<b>SERIE</b>			
<b>OPERARIO RESPONSABLE</b>			
ACTIVIDADES DE LIMPIEZA PARA EL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA		SE CUMPLIÓ	NO SE CUMPLIÓ
1. La máquina debe estar apagada.			
2. Limpieza de polvo de la zonas utilizadas de la máquina.			
3. Lubricación interior de las piezas, en especial de los rodamientos y fajas.			
4. Limpieza de grasa.			
5. Revisión de rodamientos y fajas, que estén limpios al 100%.			
OBSERVACIONES			

Figura n°24: Ficha de limpieza general de la máquina.

**b. Rutas de Lubricación:**

**b.1. Carta de lubricación para las máquinas:**

Este formato ha servido para la descripción de las instrucciones sobre las actividades de lubricación que se deben realizar con determinada periodicidad sobre la máquina/equipo. En la siguiente tabla se muestra la carta de lubricación:

CARTA DE LUBRICACIÓN PARA LAS MÁQUINAS.							
MÁQUINA		CÓDIGO		MODELO			
FRECUENCIA DE LUBRICACIÓN	MECANISMO/PARTE A LUBRICAR	TIPO DE LUBRICACIÓN	ACTIVIDAD	TIEMPO	LUBRICANTE		
					TIPO	CANTIDAD	

Figura nº25: Carta de lubricación para las máquinas.

c. Inspección general:

**c.1. Reporte de inspección:**

Es el documento en el cual se busca realizar la verificación del estado de las partes o elementos del equipo al cual se le debe supervisar.

INVERSIONES UNIVERSAL SAC	REPORTE DE INSPECCIÓN										
MÁQUINA		ÁREA									
FECHA Y HORA DE INSPECCIÓN		MODELO Y SERIE									
RESPONSABLE											
PIEZAS/COMPONENTES	ESTADO ACTUAL	REEMPLAZAR	REPARAR	CALIBRAR	ENGRASAR	NIVELAR	LIMPIAR	FABRICAR	ADQUIRIR	DESECHAR	
OBSERVACIONES											

Figura n°26: Carta de lubricación para las máquinas.

### c.2. Orden de Trabajo de Mantenimiento:

Este es aquel formato que se utiliza para lograr la ejecución de inspecciones de mantenimiento. La orden de trabajo es un documento que se utiliza para solicitar, planear y controlar los trabajos de mantenimiento.



ORDEN DE TRABAJO DE MANTENIMIENTO				
SOLICITADA POR:		HORA :	TIPO DE SOLICITUD	
MÁQUINA SOLICITADA		CÓDIGO	Normal ( )	Urgente ( )
COMPONENTE	FALLA	CAUSA DE FALLA	POSIBLE SOLUCIÓN PREVENTIVA	
<b>DESCRIPCIÓN DEL TRABAJO A REALIZAR</b>			FECHA DE INICIO	
			Fecha:	Hora:
			FECHA DE CULMINACIÓN	
			Fecha:	Horas :
<b>MATERIALES, REPUESTOS, HERRAMIENTAS E INSUMOS REQUERIDOS</b>				
CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL	
<b>OBSERVACIONES</b>				
<b>RECOMENDACIONES</b>				

Figura n°27: Carta de lubricación para las máquinas.

En la siguiente tabla, se ha incluido estas actividades con la finalidad de ejecutar un programa de mantenimiento preventivo más efectivo dentro de la línea de producción de pan de piso de la Empresa Inversiones Universal S.A.C.

Tabla n°57

Plan de Mantenimiento Preventivo para la amasadora.

ESTACIÓN	MÁQUINA	CÓDIGO DE REFERENCIA DE PIEZA	NOMBRE DE PIEZA	MEDIDAS PREVENTIVAS/TAREAS PROPUESTAS	CONDICIÓN DE MÁQUINA	FRECUENCIA	TIEMPO (Hrs)	
AMASADO	Amasadora	(PER.ROD)	Perilla de rodamiento	Inspección general de rodamientos.	Parada	12 veces al año	0.25	
				Cambio de pieza y asegurarse de la buena instalación de rodamientos.	Parada	2 veces al año	0.50	
				Limpieza inicial: zona de rodamientos.	Parada	12 veces al año	0.33	
				Cuidar a los rodamientos de una sobrecarga.	Parada	12 veces al año	0.17	
				Lubricar rodamientos.	Parada	12 veces al año	0.42	
				Inspección general de cinta/faja.	Parada	12 veces al año	0.25	
				Dirigir al personal y aprovechar la capacidad volumétrica que posee la mezcladora.	Parada	12 veces al año	0.17	
				Asegurarse de que no haya un sobreesfuerzo de la máquina.	Parada	12 veces al año	0.17	
				Verificar que la faja/cinta esté bien instalada.	Parada	12 veces al año	0.25	
		(BRA)	Brazo	Brazo	Inspección general del estado del brazo.	Parada	12 veces al año	0.25
					Lubricar rodamientos del brazo.	Parada	6 veces al año	0.42
					Controlar la cantidad de masa para evitar el sobreesfuerzo del componente.	Parada	365 veces al año	0.08
					Limpieza externa.	Parada	6 veces al año	0.33
					Proteger la superficie con deshumidificadores.	Parada	6 veces al año	0.17
					Mantener seco el elemento después de su uso.	Parada	365 veces al año	0.25
		Pintar superficie y/o sustitución de pieza.	Parada	1 vez al año	0.75			
		(PROT.GUARD)	Protect Guard	Protect Guard	Inspección general del montaje del protect guard.	Parada	12 veces al año	0.42



Asimismo, se ha determinado los costos invertidos en el plan de mantenimiento para la amasadora, los cuales se detalla en el siguiente cuadro:

Tabla n°59

Costos de inversión del plan de mantenimiento preventivo de la amasadora industrial.

MEDIDAS PREVENTIVAS/TAREAS PROPUESTAS	TIEMPO (Hrs)	EJECUCIÓN	Cantidad al año	COSTOS DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO					
				INSUMOS	COSTO DE MANO DE OBRA INTERNA	COSTO DE MANO DE OBRA EXTERNA	COSTO DE LUCRO CESANTE	TOTAL ANUAL	
Inspección general de rodamientos.	0.25	Mensual	12	S/.-	S/. 21.43	S/.	-	S/.	S/. 21.43
Cambio de pieza y asegurarse de la buena instalación de rodamientos.	0.50	Semestral	2	S/.50.00	S/.	S/.	100.00	S/.	S/. 150.00
Limpieza inicial: zona de rodamientos.	0.33	Mensual	12	S/.-	S/.	S/.	600.00	S/.	S/. 600.00
Cuidar a los rodamientos de una sobrecarga.	0.17	Mensual	12	S/.-	S/. 14.29	S/.	-	S/.	S/. 14.29
Lubricar rodamientos.	0.42	Mensual	12	S/.20.00	S/.	S/.	600.00	S/.	S/. 620.00
Inspección general de cinta/faja.	0.25	Mensual	12	S/.-	S/. 21.43	S/.	-	S/.	S/. 21.43
Dirigir al personal y aprovechar la capacidad volumétrica que posee la mezcladora.	0.17	Mensual	12	S/.-	S/.	S/.	600.00	S/.	S/. 600.00
Asegurarse de que no haya un sobreesfuerzo de la máquina.	0.17	Mensual	12	S/.-	S/. 14.29	S/.	-	S/.	S/. 14.29
Verificar que la faja/cinta esté bien instalada.	0.25	Mensual	12	S/.-	S/.	S/.	600.00	S/.	S/. 600.00
Inspección general del estado del brazo.	0.25	Mensual	12	S/.-	S/. 21.43	S/.	-	S/.	S/. 21.43
Lubricar rodamientos del brazo.	0.42	Bimestral	6	S/.20.00	S/.	S/.	300.00	S/.	S/. 320.00
Controlar la cantidad de masa para evitar el sobreesfuerzo del componente.	0.08	Diario	365	S/.-	S/. 217.26	S/.	-	S/.	S/. 217.26
Limpieza externa.	0.33	Bimestral	52	S/.-	S/. 123.81	S/.	-	S/.	S/. 123.81

Proteger la superficie con deshumidificadores.	0.17	Bimestral	6	S/.-	S/.	-	S/.	300.00	S/.	-	S/.	300.00
Mantener seco el elemento después de su uso.	0.25	Diario	365	S/.-	S/.	-	S/.	1,200.00	S/.	-	S/.	1,200.00
Pintar superficie y/o sustitución de pieza.	0.75	Anual	1	S/.-	S/.	-	S/.	100.00	S/.	-	S/.	100.00
Inspección visual del montaje del protect guard.	0.42	Mensual	12	S/.-	S/.	35.71	S/.	-	S/.	-	S/.	35.71
Verificar el correcto funcionamiento del elemento.	0.33	Diario	365	S/.-	S/.	869.05	S/.	-	S/.	-	S/.	869.05
Limpieza a zona de protect guard.	0.17	Diario	365	S/.-	S/.	-	S/.	1,200.00	S/.	-	S/.	1,200.00
Asegurarse del buen estado de trabajo del protect guard.	0.08	Diario	365	S/.-	S/.	-	S/.	1,200.00	S/.	-	S/.	1,200.00
<b>COSTO ANUAL TOTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO</b>											<b>S/.</b>	<b>2,027.14</b>

Fuente: Elaboración propia.

Por último, para el debido seguimiento de este plan de mantenimiento preventivo, se ha creado un formato de auditoría interna.

Tabla n°60

Formato de auditoría interna de mantenimiento preventivo de las máquinas.

Máquinas	Temperatura		Vibración			Lubricación		Ruidos fuertes/extr años		Limpieza		Desgaste s		Olor extraño	
	Alta	Moderada	Fuerte	Normal	Débil	Se cumplió	No se cumplió	Sí	No	Se realizó	No se realizó	Sí	No	Sí	No
Balanza digital															
Amasadora															
Horno artesanal															

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente a la elaboración del plan de mantenimiento, se ha elaborado un flujograma con los procedimientos estandarizados de trabajo y mantenimiento preventivo y correctivo para cualquier máquina o equipo de la empresa Inversiones Universal S.A.C.; en el cual se asegure el cumplimiento eficaz, por parte de los trabajadores, de las actividades mencionadas anteriormente.

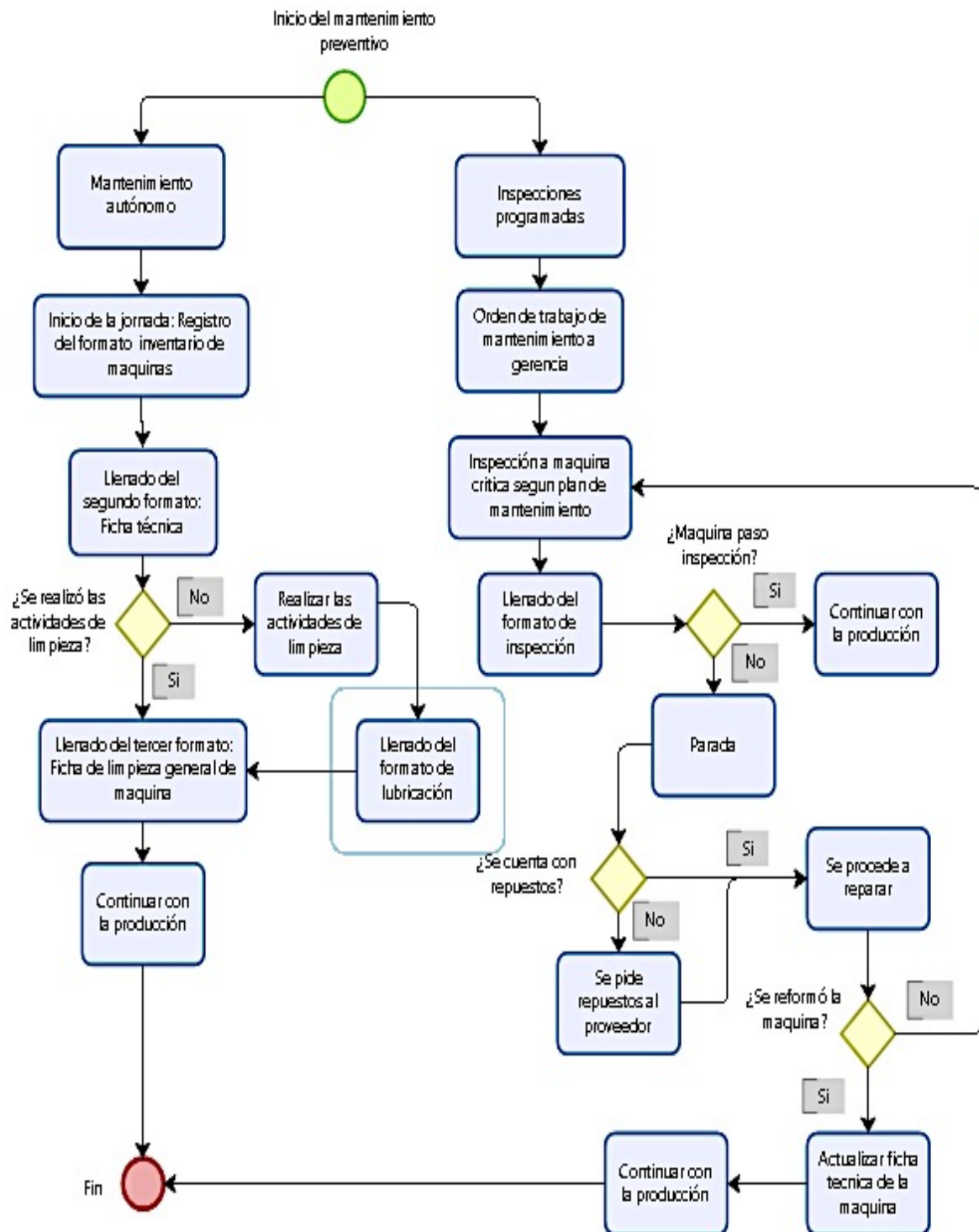


Figura n°28: Procedimiento estándar de Mantenimiento Preventivo y Autónomo.

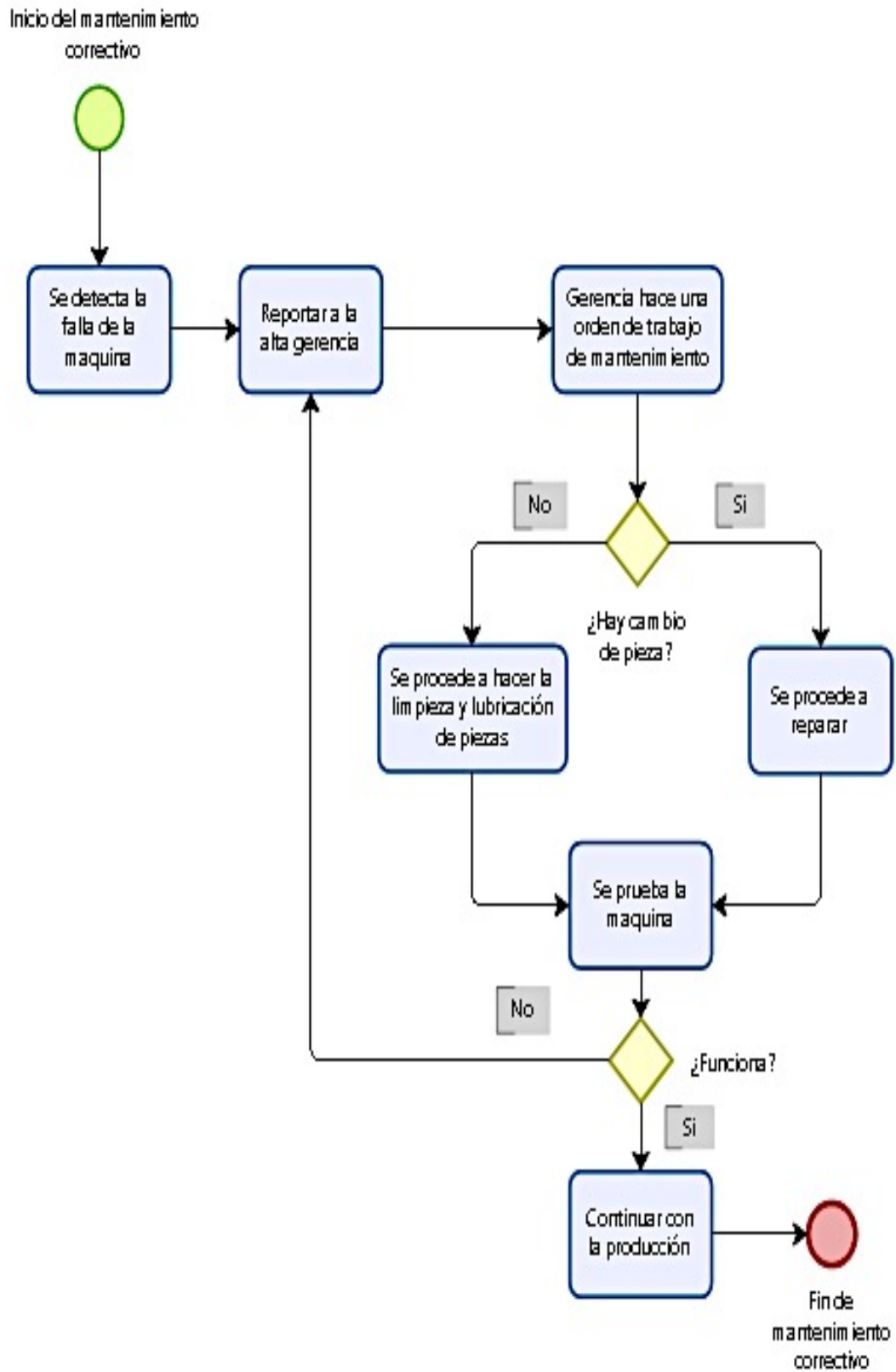


Figura n°29: Procedimiento estándar de Mantenimiento Correctivo.

### 2.3.4.1. Plan de Capacitación de Mantenimiento:

Esta metodología fue aplicada a todo el personal de producción y mantenimiento, con la finalidad de generar mayor aprendizaje sobre la adecuado mantenimiento de las 3 máquinas de la línea de producción de pan de piso, de la empresa inversiones Universal S.A.C.

#### a. Procedimiento:

Para desarrollar el plan de capacitación de mantenimiento, se ha considerado el libro "Gestión del Talento Humano, 3rs Edición" del autor Chiavenato (2009), En el capítulo 12, se hace referencia a los tipos de cambios del comportamiento en razón de la capacitación; es decir, a las etapas del proceso para la ejecución del plan de capacitación, los cuales son:

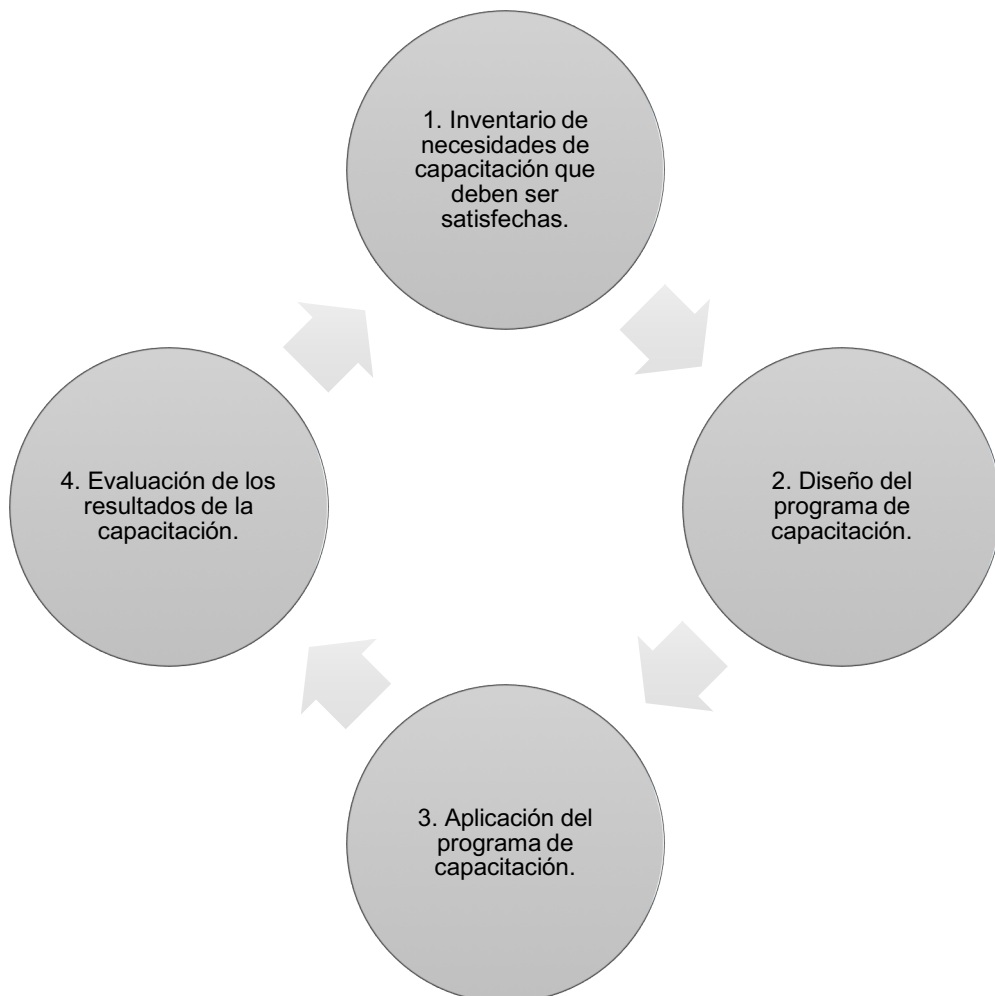


Figura n°30: Las 4 etapas de un plan de capacitación de mantenimiento.



**b. Desarrollo:**

**Etapa 1: Inventario de necesidades de capacitación que deben ser satisfechas**

En esta primera etapa, se ha realizado un análisis DAFO para identificar las fortalezas y debilidades, amenazas y oportunidades de la empresa Inversiones Universal S.A.C. De esta forma, se ha podido determinar las necesidades de formación del personal en mención, con respecto a la gestión del mantenimiento de las máquinas de la línea de producción de pan de piso.

Tabla nº61

*Análisis DAFO.*

DAFO	Fortalezas	Debilidades
<b>Análisis Interno</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Personal con alta experiencia técnica.</li> <li>- Fuerte motivación de logro y éxito.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja capacitación al personal.</li> <li>- Inversión escasa en capacitación y conferencias.</li> </ul>
	Oportunidades	Amenazas
<b>Análisis Externo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Variedad de entidades con servicio de capacitación.</li> <li>- Mayor venta de pan de piso al disminuir las fallas de las máquinas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industrias panificadoras con mayor capacitación de su personal.</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia.

**Etapa 2: Diseño del programa de capacitación**

En esta segunda etapa, se ha elaborado el contenido del plan como son los objetivos y temas específicos de capacitación de mantenimiento, a partir de las necesidades determinadas en la fase 1; siendo los 3 temas principales los siguientes:

- a. Procedimiento estandarizado de trabajo y mantenimiento de máquinas.
- b. Mantenimiento Preventivo en las máquinas (Metodología RCM).
- c. Mantenimiento Autónomo en las máquinas (Incluido en el mantenimiento preventivo).

Estos temas, se han considerado al inicio del año, de tal forma que durante el año el personal cuente con el conocimiento y entrenamiento necesario para evitar posibles paradas de máquina.

Tabla n°62

*Objetivos y temas específicos de capacitación.*

OBJETIVOS	TEMAS ESPECÍFICOS DE CAPACITACIÓN
- Desarrollar un aprendizaje óptimo de mantenimiento de máquinas de producción de pan.	- <b>Procedimiento estandarizado de trabajo y mantenimiento de máquinas.</b>
	- <b>Mantenimiento preventivo en las máquinas.</b>
	- <b>Mantenimiento autónomo en las máquinas.</b>
- Retroalimentar conocimientos básicos de manipulación y ejecución de máquinas de producción de pan.	- Definición y clasificación de las máquinas y sus partes.
	- Limpieza de las máquinas y sus partes.
	- Check-list de máquinas, antes de su uso.
	- Uso adecuado de máquinas, de acuerdo a manual.
- Contar con un personal entrenado ante cualquier falla de máquina.	- Plan de contingencia ante fallas, durante el proceso.
	- Cambio de piezas de las máquinas.
- Mejorar el tiempo de reparación de las máquinas.	- Lubricación y ventilación adecuada de los rodamientos y fajas de las máquinas.

Fuente: Elaboración Propia.

### **Etapa 3: Ejecución del plan de capacitación**

En esta tercera etapa, se ha realizado el programa anual de capacitación de mantenimiento, de acuerdo a los temas y objetivos designados. Este programa consta de la distribución y ejecución de capacitaciones durante un año; así como, el costo total de la inversión (Ver Tabla n°63).

Tabla n°63  
Programa Anual de capacitación de Mantenimiento.

PROGRAMA ANUAL DE CAPACITACIÓN DE MANTENIMIENTO																								
Orden Cap.	Tema	Área	AÑO 2020												N° personal	N° Horas	N° veces al año	Costo por Hr de capacitación externa.	Costo HH extra	Costo t				
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic										
1	- Procedimiento estandarizado de trabajo y mantenimiento de máquinas.	Mantenimiento	x															Panadero turno día.	1	1	S/250.00	S/9.99	S/259	
2	- Mantenimiento preventivo en las máquinas.			x															Panadero turno día.	1	1	S/200.00	S/9.99	S/209
3	- Mantenimiento autónomo en las máquinas.				x														Panadero turno día.	1	1	S/250.00	S/9.99	S/259
4	- Definición y clasificación de las máquinas y sus partes.					x													Panadero turno noche.	1	1	S/250.00	S/9.99	S/259
5	- Limpieza de las máquinas y sus partes.						x												Panadero turno noche.	1	1	S/350.00	S/9.99	S/359
6	- Check-list de máquinas, antes de su uso.																		Panadero turno noche.	1	1	S/250.00	S/9.99	S/259
7	- Uso adecuado de máquinas, de acuerdo a manual.																		Panadero turno noche.	1	1	S/200.00	S/9.99	S/209
8	- Plan de contingencia ante fallas, durante el proceso.																		Técnico de Mantenimiento.	1	1	S/150.00	S/9.99	S/159
9	- Cambio de piezas de las máquinas.																		Técnico de Mantenimiento.	1	1	S/350.00	S/9.99	S/359
10	- Lubricación y ventilación adecuada de los rodamientos y fajas de las máquinas.																		Técnico de Mantenimiento.	1	1	S/200.00	S/9.99	S/209
				Capacitación				Retroalimentación de los 3 principales temas.			TOTAL			3								S/2,55		

Fuente: Elaboración Propia.

Tener en cuenta para cada capacitación, el sueldo por hora del trabajador, ya que se le pagará por cada hora hora extra.

Tabla n°64  
Costo HH extra.

Costo HH extra - trabajador	
Sueldo fijo mensual	S/.1,200.00
Sueldo diario	S/.40.00
Sueldo por hora	S/.3.33

Fuente: Elaboración Propia.

**Etapa 4: Evaluación del plan de capacitación:** En esta última etapa, se ha calculado el nuevo indicador de mantenimiento: tiempos de reparación de la máquina crítica, considerando un personal capacitado y entrenado; cumpliendo con el seguimiento y evaluación del programa anual de capacitación (Ver Tabla n°63). Tener en cuenta, el manual de ingeniería de Mantenimiento para la panificadora Industrial Arenas; escrita por Maldonado C. & Pillajo G. (2009), donde menciona y exige un capital humano para maquinaria de buen estado y una mano de obra capacitada en mantenimiento.

Tabla n°65

*Nuevos Tiempos de reparación de la amasadora industrial, en 2018.*

Máquinas	2018						
	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
BALANZA DIGITAL	0.5	1	1	0.5	0.5	1.5	2
AMASADORA INDUSTRIAL	0.5	0	0	0.5	0	0.5	0
HORNO ARTESANAL	1	1.25	1	1.5	1	1	1.5

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°66

*Tiempos de reparación de las máquinas, en 2019.*

Máquinas	2019				
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo
BALANZA DIGITAL	0.75	0.75	0.5	0.5	0
AMASADORA INDUSTRIAL	0.5	0	0.5	0	0
HORNO ARTESANAL	1.5	1.5	2	1.75	2

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.5. Evaluación Económica Financiera:

Para llevar a cabo la ejecución de la presente propuesta de mejora basado en el RCM, Mantenimiento Centrado en la Confiabilidad, se ha asimilado los siguientes costos de inversión, siendo un total de 10,527.14 soles.

Tabla n°67

*Costos anuales de Inversión de la ejecución de la propuesta de mejora.*

<b>INVERSIÓN</b>	<b>COSTO ANUAL TOTAL DEL PLAN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO (RCM)</b>	S/.	2,027.14
	<b>PLAN ANUAL DE CAPACITACIÓN</b>	S/.	2,550.00
	<b>SERVICIO EXTERNO DE ELABORACIÓN Y EJECUCIÓN DEL PROGRAMA DE MANTENIMIENTO.</b>	S/.	3,200.00
	<b>MATERIALES Y EQUIPOS DE TRABAJO MULTIMEDIA. (laptop, lapiceros, celular, cronómetro, etc.)</b>	S/.	2,750.00
	<b>COSTO TOTAL DE INVERSIÓN</b>	<b>S/.</b>	<b>10,527.14</b>

Fuente: Elaboración Propia

A partir de estos costos, se ha analizado la factibilidad de la inversión de este proyecto, se ha desarrollado la evaluación del estado de resultados, para 12 meses (Ver Anexo n°02). Para ello, se ha financiado con una tasa anual de interés del banco Banbif, la cual es del 14% (Ver Tabla n°68),

Tabla n°68

*Datos de Préstamo del Banco BANBIF.*

<b>PRÉSTAMO PERSONAL DEL BANCO INTERBANK</b>	
<b>INVERSION FIJA</b>	100%
<b>MONTO</b>	S/11,000.00
<b>MESES</b>	12
<b>TASA ANUAL</b>	14%
<b>TASA MENSUAL</b>	1.17%
<b>PRÉSTAMO</b>	S/.11,000.00
<b>PRERIODO (MESES)</b>	12
<b>TEA</b>	14%
<b>Tim</b>	1.10%
<b>CUOTA</b>	S/983.39

Fuente: Elaboración Propia.

En base a lo analizado, se va a efectuar un préstamo de 11000 soles, lo cual equivale a lo que se desea invertir para ejecutar la propuesta de mejora diseñada, obteniendo los siguientes resultados en el flujo de caja (ver Tabla n°69).

Tabla n°69

Flujo de Caja del proyecto.

CONCEPTO	2019						2020						
	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio2
UTILIDAD NETA		S/.3,783.98	S/.3,569.92	S/.3,494.17	S/.3,144.85	S/.3,350.95	S/.3,154.29	S/.3,433.34	S/.3,017.27	S/.3,304.17	S/.3,044.60	S/.3,502.64	S/.3,271.8
mas depreciación		S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16	S/.239.16
Inversión inicial	S/.11,000.00												
<b>FLUJO CAJA ECONOMICO</b>	<b>-</b> <b>S/.11,000.00</b>	<b>S/.4,023.14</b>	<b>S/.3,809.08</b>	<b>S/.3,733.32</b>	<b>S/.3,384.01</b>	<b>S/.3,590.10</b>	<b>S/.3,393.45</b>	<b>S/.3,672.50</b>	<b>S/.3,256.42</b>	<b>S/.3,543.33</b>	<b>S/.3,283.76</b>	<b>S/.3,741.80</b>	<b>S/.3,510.9</b>
créditos	<b>S/.11,000.00</b>												
amortizaciones		S/.859.32	S/.869.35	S/.879.49	S/.889.75	S/.900.13	S/.910.64	S/.921.26	S/.932.01	S/.942.88	S/.953.88	S/.965.01	S/.976.27
monto deuda	S/.11,000.00	S/.10,140.68	S/.9,271.32	S/.8,391.83	S/.7,502.08	S/.6,601.94	S/.5,691.31	S/.4,770.05	S/.3,838.04	S/.2,895.16	S/.1,941.28	S/.976.27	-S/.0.00
<b>FLUJO CAJA FINANCIERO</b>	<b>-</b> <b>S/.11,000.00</b>	<b>S/.859.32</b>	<b>S/.869.35</b>	<b>S/.879.49</b>	<b>S/.889.75</b>	<b>S/.900.13</b>	<b>S/.910.64</b>	<b>S/.921.26</b>	<b>S/.932.01</b>	<b>S/.942.88</b>	<b>S/.953.88</b>	<b>S/.965.01</b>	<b>S/.976.27</b>
<b>FLUJO NETO DE CAJA DEL PROYECTO</b>	<b>-</b> <b>S/.11,000.00</b>	<b>S/.3,163.81</b>	<b>S/.2,939.73</b>	<b>S/.2,853.83</b>	<b>S/.2,494.25</b>	<b>S/.2,689.97</b>	<b>S/.2,482.81</b>	<b>S/.2,751.24</b>	<b>S/.2,324.41</b>	<b>S/.2,600.45</b>	<b>S/.2,329.88</b>	<b>S/.2,776.79</b>	<b>S/.2,534.7</b>
<b>Acumulado</b>		<b>S/.3,163.81</b>	<b>S/.6,103.54</b>	<b>S/.8,957.37</b>	<b>S/.11,451.62</b>	<b>S/.14,141.59</b>	<b>S/.16,624.41</b>	<b>S/.19,375.64</b>	<b>S/.21,700.06</b>	<b>S/.24,300.50</b>	<b>S/.26,630.38</b>	<b>S/.29,407.17</b>	<b>S/.31,941.9</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla n°70

Interpretación de resultados del flujo de caja.

NOMBRE	VALOR	INTERPRETACIÓN	
<b>VAN</b>	S/. 18,707.35	Positivo	Es Viable
<b>TIR</b>	23.26%	Positivo	Es Rentable
<b>B/C</b>	2.70	>1	Se Acepta Ingresos > Egresos

Fuente: Elaboración Propia.

Por lo tanto, el presente proyecto es viable, rentable y aceptable, según los resultados obtenidos del flujo de caja. Asimismo, se ha analizado el comportamiento del TIR y VAN durante los 12 meses de evaluación. A partir de ello, se ha determinado que en el noveno mes, Noviembre 2019; la empresa Inversiones Universal S.A.C. puede nuevamente invertir en el proyecto, ya que en ese mes se recupera el 100% de la inversión. En dicho mes, se ha obtenido un TIR y VAN positivos del 1.69% y 136.17 soles, respectivamente; lo cual indica que el proyecto es factible debido a la rápida recuperación del monto invertido en el tiempo en 3 meses con 8 días.

Tabla n°71

*Periodo de Recuperación en 13 meses.*

Periodo de Recuperación				8.1
Inversión	<b>ultimo flujo</b>	por recuperar	PR	días
11,000.00	<b>2,534.72</b>	8,465.28	<b>0.27</b>	<b>3</b>
			<b>años</b>	<b>meses</b>

Fuente: Elaboración Propia

Hasta el mes de febrero del año 2020, el VAN y TIR mantienen una tendencia creciente, como se puede observar en el siguiente cuadro:

Tabla n°72

*Recuperación de inversión durante los primeros 7 meses.*

	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero
FLUJO NETO	S/.11,000.00	S/.3,163.81	S/.2,939.73	S/.2,853.83	S/.2,494.25	S/.2,689.97	S/.2,482.81	S/.2,751.24
TIR		<b>-71.24%</b>	<b>-31.96%</b>	<b>-9.76%</b>	<b>1.69%</b>	<b>9.35%</b>	<b>13.89%</b>	<b>17.25%</b>
VAN		<b>-S/.7,872.77</b>	<b>-S/.5,000.65</b>	<b>-S/.2,244.69</b>	<b>S/.136.17</b>	<b>S/.2,674.15</b>	<b>S/.4,989.59</b>	<b>S/.7,525.69</b>
B/C		S/.0.28	S/.0.55	S/.0.80	S/.1.01	S/.1.24	S/.1.45	S/.1.68

Fuente: Elaboración Propia

Desde el mes de Marzo del año 2020, el VAN y TIR inician una tendencia positiva, como se puede apreciar en el siguiente cuadro:

Tabla n°73

*Recuperación de inversión durante los últimos 8 meses.*

	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Marzo
FLUJO NETO	S/.2,324.41	S/.2,600.45	S/.2,329.88	S/.2,776.79	S/.2,534.72	S/.2,324.41
TIR	<b>19.21%</b>	<b>20.77%</b>	<b>21.78%</b>	<b>22.66%</b>	<b>23.26%</b>	<b>19.21%</b>
VAN	<b>S/.9,643.56</b>	<b>S/.11,985.53</b>	<b>S/.14,059.57</b>	<b>S/.16,502.85</b>	<b>S/.18,707.35</b>	<b>S/.9,643.56</b>
B/C	S/.1.88	S/.2.09	S/.2.28	S/.2.50	S/.2.70	S/.1.88

Fuente: Elaboración Propia

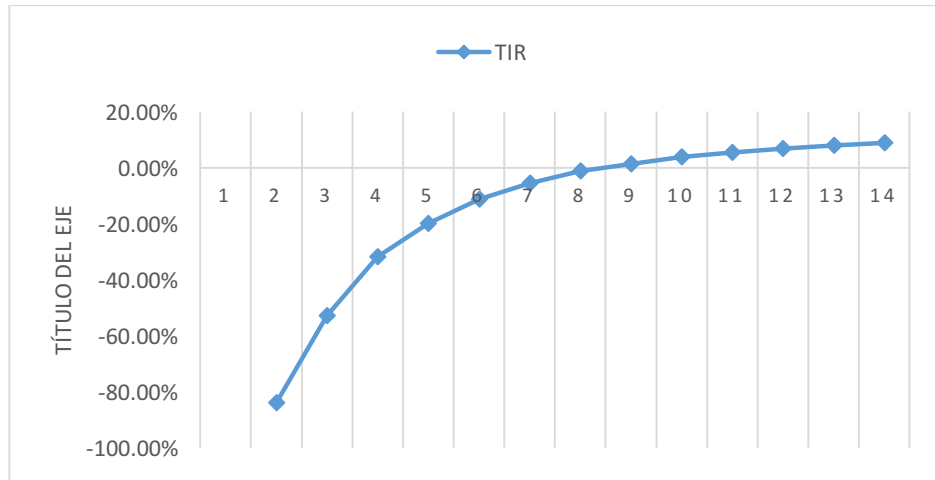


Figura n°31: Comportamiento del TIR, durante 12 meses.

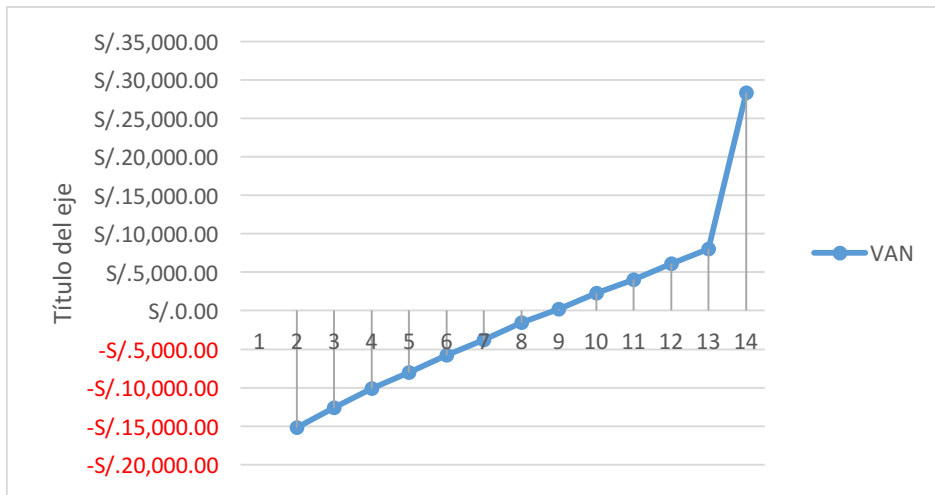


Figura n°32: Comportamiento del VAN, durante 12 meses.



## **CAPÍTULO III. RESULTADOS**

A partir de lo desarrollado en toda la propuesta de mejora en la área de mantenimiento, se ha determinado nuevos resultados de indicadores mejorados, como el porcentaje de confiabilidad, disponibilidad, cumplimiento de producción, entre otras. Para la reducción de número de paradas en la estación de amasado se ha considerado un antecedente, el cual afirma que una Amasadora Sprint de las mismas características, mantiene un tiempo de operación anual de 2184 horas. (Ver Tabla n°21). Por lo tanto, si el tiempo de operación actual de la amasadora es de 1644 horas al año, se ha calculado que el porcentaje de mejora es de 32.85%, referente a las averías existentes.

Tabla n°74

Matriz de diagnóstico mejorada de inspección de fallas.

							VALOR META: Antecedente	
MÁQUINAS	TURNOS AL DÍA (turnos/horas)		DÍAS AL MES	MESES AL AÑO	TIEMPO DISPONIBLE AL AÑO	TIEMPO DE OPERACIÓN	TIEMPO DE OPERACIÓN MEJORADO	
BALANZA	2	1	28	12	336	324.5	-	
AMASADORA	2	5	28	12	1680	1644	<b>2184</b>	
HORNO ARTESANAL	2	3	28	12	1008	984	-	
							<b>% MEJORA</b>	<b>32.85%</b>
							<b>NUEVO TIEMPO DISPONIBLE (Hrs)</b>	<b>2208</b>
							<b>Horas/día</b>	<b>6.57</b>

Fuente: Elaboración propia.

Para un mayor detalle y análisis, se ha construido una nueva matriz de diagnóstico de inspección de fallas de las máquinas.

Tabla n°75

Matriz de diagnóstico mejorada de inspección de fallas.

NUEVA MATRIZ DE DIAGNÓSTICO CON LA MEJORA							
MÁQUINAS	MARCA	MODELO	FALLAS FUNCIONALES	CANTIDAD ANUAL	HORAS POR PARADA (Hr.)	TIEMPO DISPONIBLE (Hr.)	TIEMPO DE OPERACIÓN (Hr.)
BALANZA DIGITAL	NOVA	BW 30	Cámara de pesaje sucia.	5	0.5	336	333.5
			Sensor de pesaje mal configurado.	3	1	333.5	330.5
			Display medidor mal calibrado.	3	1	330.5	327.5
			Platillo de pesaje en mal estado.	3	0.5	327.5	326
			Sistema electrónico fallado.	1	1.5	326	<b>324.5</b>
			<b>TOTAL</b>				<b>11.5</b>

AMASADORA	NOVA	KN 100	Tolva en mal estado.	3	2	2208	2202.2			
			Mal ajuste de las fajas.	1	1.5	2202.2	2200.7			
			Recalentamiento del motor.	1	2	2200.7	2198.7			
			Perilla de rodamiento en mal estado.	1	2.5	2198.7	2196.2			
			Fajas sucias.	1	1.5	2196.2	2194.7			
			Display de velocidad mal calibrado.	1	2	2194.7	2192.7			
			Falta de aceite en los rodamientos.	2	1	2192.7	2190.7			
			Tolva sucia.	2	1	2190.7	2188.7			
			Falta de aceite en el motor.	1	1.5	2188.7	2187.2			
			Display de velocidad malogrado.	1	3	2187.2	2184.2			
			<b>TOTAL</b>					<b>24</b>	<b>2208</b>	<b>2184</b>
			HORNO ARTESANAL DE LEÑA	-	-	Chimenea en mal estado.	2	2	1008	1004
Puerta del horno se desprende.	6	1				1004	998			
Grietas en la superficie interior del horno.	3	2				998	992			
Paredes internas dañadas.	2	1.5				992	989			
Soplete de calentamiento en mal estado.	2	1.5				989	986			
Chimenea sucia.	2	1				986	984			
<b>TOTAL</b>							<b>24</b>	<b>1008</b>	<b>984</b>	

Fuente: Elaboración propia.

En base a esta nueva matriz mejorada, se obtiene el siguiente resultado con respecto al número de paradas de la máquina crítica, la amasadora industrial:

Tabla n°76

Cuadro de número y horas de paradas de la amasadora, con mejora.

	MÁQUINA CRÍTICA: AMASADORA	
	ACTUAL	MEJORADO
<b>HORAS DE PARADA</b>	36	24
<b>Nº DE PARADAS</b>	21	14

Fuente: Elaboración propia.

A partir de la nueva cantidad de nº y horas de paradas de máquina en la empresa, se ha analizado la capacidad mejorada de producción durante un año, desde Agosto 2018.

Tabla n°77

Análisis de Capacidad de producción con RCM.

ANÁLISIS DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN CON RCM				
AÑO	MESES	PRODUCCIÓN SIN MEJORA	PRODUCCIÓN CON MEJORA	
2019	AGOSTO	173156	174841	
	SETIEMBRE	174264	175960	
	OCTUBRE	175120	176824	
	NOVIEMBRE	147516	148951	
	DICIEMBRE	160748	162312	
2020	ENERO	157440	158972	
	FEBRERO	160812	162377	
	MARZO	171072	172737	
	ABRIL	171500	173169	
	MAYO	159132	160680	
	JUNIO	170160	171816	
	JULIO	172224	173900	
<b>TOTAL ANUAL</b>		1993144	2225870	<b>% DE MEJORA</b>
				<b>11.68%</b>

Fuente: Elaboración propia.

Según los resultados obtenidos a nivel productivo, la empresa ha mejorado en un 11.68%. Esto se puede observar en los siguientes gráficos, haciendo el comparativo la producción sin mejora y con mejora.

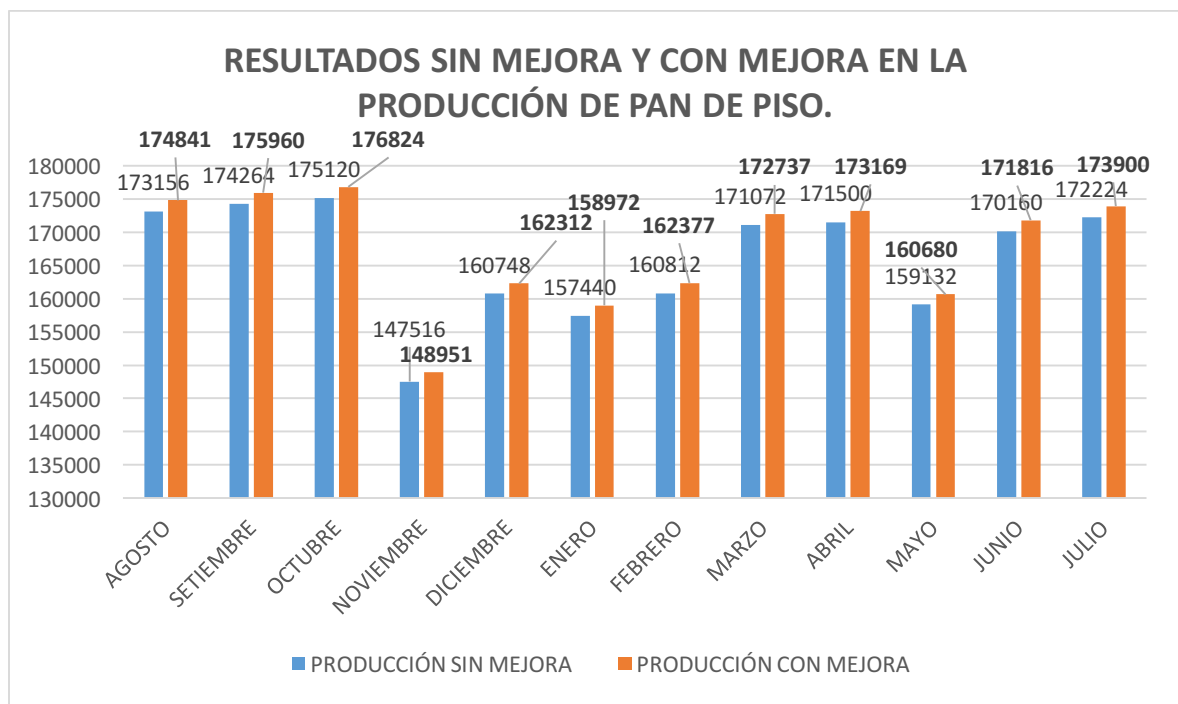


Figura n°33: Comparativo de Producción sin Mejora y con Mejora.

Además, se ha obtenido un resultado de cumplimiento y conformidad de funciones y especificaciones técnicas del 100% en la amasadora; es decir, se ha logrado una mejora de 42.86% y 30.00%, respectivamente.

Tabla n°78

*Nuevos resultados de conformidad y cumplimiento de funciones de la amasadora.*

MÁQUINAS	CONFORMIDAD DE FUNCIONES					MEJORA
	N° de funciones.	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Porcentaje de cumplimiento.	Porcentaje de incumplimiento.	
BALANZA DIGITAL	14	7	7	50.00%	50.00%	-
AMASADORA	7	7	0	100.00%	0.00%	42.86%
HORNO ARTESANAL	7	5	2	71.43%	28.57%	-

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°79

*Nuevos resultados de conformidad y cumplimiento de especificaciones técnicas de la amasadora.*

MÁQUINAS	CONFORMIDAD DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS					
	N° de Esp. Técnicas.	SI CUMPLE	NO CUMPLE	Porcentaje de cumplimiento.	Porcentaje de incumplimiento.	MEJORA
BALANZA DIGITAL	14	10	4	71.43%	28.57%	-
AMASADORA	10	10	0	100.00%	0.00%	30.00%
HORNO ARTESANAL	-	-	-	-	-	-

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se ha recalculado los costos de la área de mantenimiento, los cuales disminuyeron por el desarrollo de la herramienta del RCM, en la línea de producción de pan de piso.

- **Causa raíz:** Falta de mantenimiento preventivo.

En primer lugar, se ha mejorado el porcentaje de disponibilidad de la máquina crítica, la amasadora.

Tabla n°80

*Disponibilidad inherente con mejora.*

MÁQUINAS	TIEMPO DISPONIBLE AL AÑO	TIEMPO DE OPERACIÓN	# FALLAS/PARADAS	HORAS DE PARADAS	MTBF	MTRR	DISPONIBILIDAD
BALANZA	336	324.5	14	11.5	23.18	0.79	96.58%
AMASADORA	1680	1644	14	24	117.43	1.71	98.56%
HORNO ARTESANAL	1008	984	17	24	57.88	1.41	97.62%

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se ha definido el nuevo costo anual de mantenimiento correctivo.

$$CT = C. \text{ lucro Cesante} + CMO \text{ de mant.} + C. \text{ de RepyMat.}$$

Datos:

- Capacidad prom. de producción por hora: **288 unid/hora**
- Precio de venta por unidad: **S/.0.125 soles (c. IGV)**
- Costo unitario: **S/.0.10 soles/unidad**
- Utilidad: **20%**
- Horas de parada (fallas al año): **59.5 horas**
- Sueldo del técnico de mant. al año: **S/.50.00 soles/falla**
- No existe costo de los repuestos utilizados para el mantenimiento correctivo.

**- Lucro Cesante:**

$$LC = \frac{288 \text{ unidades prom.}}{\text{hora}} \times \frac{0.125 \text{ soles}}{\text{unidad}} \times 20\% \times \frac{59.5 \text{ horas de parada}}{\text{año}}$$

$$LC = S/.363.50$$

**- Costo de MO de mantenimiento:**

$$CMO = \frac{50 \text{ soles}}{\text{Inspección}} * \frac{\text{inspección}}{\text{falla}} * \frac{45 \text{ fallas prom.}}{\text{año}}$$

$$CMO = S/.2250.00$$

Entonces el nuevo sobrecosto total es:

$$CT = S/.363.50 + S/.2250.00$$

$$CT = S/.2613.50$$

**- Causa raíz:** Ausencia de un control de paradas de máquinas en el proceso de producción.

Tabla n°81

*Producción promedio con máquinas sin averías.*

MÁQUINAS SIN AVERÍAS		
	MES	PRODUCCIÓN MENSUAL
2018	JUNIO	175314
	JULIO	176422
	AGOSTO	177278

	SETIEMBRE	149674
	OCTUBRE	162906
	NOVIEMBRE	159598
	DICIEMBRE	162970
2019	ENERO	173230
	FEBRERO	173658
	MARZO	161290
	ABRIL	172318
	MAYO	174382
	PROMEDIO	168253

Fuente: Elaboración propia.

Tabla nº82

*Producción promedio con mejora en la amasadora industrial.*

MÁQUINAS CON MENOS FALLAS EN LA AMASADORA		
MES	PRODUCCIÓN MENSUAL	MEJORA
JUNIO	173156	174841
JULIO	174264	175960
AGOSTO	175120	176824
SETIEMBRE	147516	148951
OCTUBRE	160748	162312
NOVIEMBRE	157440	158972
DICIEMBRE	160812	162377
ENERO	171072	172737
FEBRERO	171500	173169
MARZO	159132	160680
ABRIL	170160	171816
MAYO	172224	173900
PROMEDIO	166095	167711

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, el nuevo costo anual es de:

$$CT = (168253 - 167711) * 12 * S/.0.10$$

$$CT = S/.551.03$$

- **Causa raíz:** Falta de un plan de capacitación de mantenimiento.

En primer lugar, se ha reducido los tiempos de reparación de la amasadora industrial, obteniendo los siguientes resultados:

Tabla n°83

*Tiempo total de reparación por máquina.*

Máquinas	TOTAL
BALANZA DIGITAL	9.5
AMASADORA INDUSTRIAL	11.75
HORNO ARTESANAL	17

Fuente: Elaboración propia.

En segundo lugar, se ha recalculado el nuevo costo anual por falta de un plan de capacitación de mantenimiento.

$$CT = \left( \sum \text{Tiempos de reparación}_m \right) \cdot n^{\circ} \text{panes/h} \cdot PV.$$

Datos:

- Capacidad prom. de producción por hora: **288 unid/hora**
- Precio de venta por unidad: PV= **S/.0.125 soles (c. IGV)**

Por lo tanto, el costo anual de esta raíz es:

$$CT = (9.5 + 2.5 + 17)h \cdot 288 \text{ und/h} \cdot S/.0,125/\text{und}..$$

$$CT = (29)h \cdot 288 \text{ und/h} \cdot S/.0,125/\text{und}..$$

$$CT = S/.1,044.00$$

Consecuentemente, se ha determinado los nuevos indicadores estratégicos y operativos, considerando los resultados de mejora en las horas y número de paradas de la amasadora industrial, ya mencionados anteriormente.

Tabla n°84

*Índice de cumplimiento de producción, con mejora.*

UPA1	814861
UPA2	1411009
UPP1	839620
UPP2	1465260
m (días)	365
<b>%CP</b>	<b>96.57%</b>
La producción anual se cumple a un 96.57%.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°85

*Variabilidad de cumplimiento de producción, entre Abril y Mayo 2019.*

UPA1 (Mayo 2019)	69247
UPA2 (Mayo 2019)	119790
UPA1 (Abril 2019)	66982



<b>UPA2 (Abril 2019)</b>	115932
<b>d (días)</b>	Mayo: 31/Abril: 30
<b>Δ CP</b>	<b>3.24%</b>
En Mayo del 2019, el cumplimiento de la producción mejoró a un 3.24%	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°86

Variabilidad de costo correctivo por estación, entre Abril y Mayo 2019.

<b>CMC (Pesado - Mayo 2019)</b>	S/.77.20
<b>CMC (Amasado - Mayo 2019)</b>	S/.127.20
<b>CMC (Horneado - Mayo 2019)</b>	S/.138.00
<b>CMC (Pesado - Abril 2019)</b>	S/.63.60
<b>CMC (Amasado - Abril 2019)</b>	S/.135.20
<b>CMC (Horneado - Abril 2019)</b>	S/.67.20
<b>CMC</b>	<b>22.31%</b>
En Mayo del 2019, el costo de mantenimiento correctivo, disminuyó a un 22.31%.	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla n°87

Indicadores operativos de mantenimiento, con mejora.

MÁQUINA	TASA TOTAL DE FALLAS POR MÁQUINA	CONFIABILIDAD POR MÁQUINA (t=24)	MTBF	MTRR	DISPONIBILIDAD INHERENTE
BALANZA DIGITAL	0.035	43.17%	23.18	0.82	96.58%
AMASADORA	0.011	<b>76.80%</b>	154.9	1.71	<b>98.91%</b>
HORNO ARTESANAL	0.024	56.21%	57.88	1.41	97.62%
	La balanza digital tiene una confiabilidad de 43.17%, la amasadora, 76.80% y el horno artesanal 56.21%.		La amasadora tiene una disponibilidad del 98.91%		

Fuente: Elaboración propia.

# **CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES**

#### 4.1. Discusión:

En el presente proyecto de investigación, en base al desarrollo de la metodología RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, en la empresa Inversiones Universal S.A.C. se ha logrado disminuir un total de 7 paradas de máquinas, considerando el tiempo de operación de la amasadora industrial de 2184 hr., descrito en el "Manual de Ingeniería de Mantenimiento de la panificadora Industrial Arenas". A partir de esto, se generó una mejora del 11.68% en la línea de producción de pan de piso, realizando 5590 panes/día, con una capacidad utilizada de 96.57%. Este indicador sobrepasa lo generado por la panadería El Progreso E.I.R.L. en Chiclayo, ya que alcanzó una producción de pan, equivalente a 2250 panes/día con una capacidad de 56.75%.

Tabla n°88

*Comparación de indicadores.*

	<b>Panadería El Progreso E.I.R.L.</b>	<b>Inversiones Universal S.A.C.</b>
<b>Panes/ día</b>	2250	<b>5590</b>
<b>%Cap. Producción</b>	96.57%	<b>56.75%</b>

Fuente: Elaboración Propia.

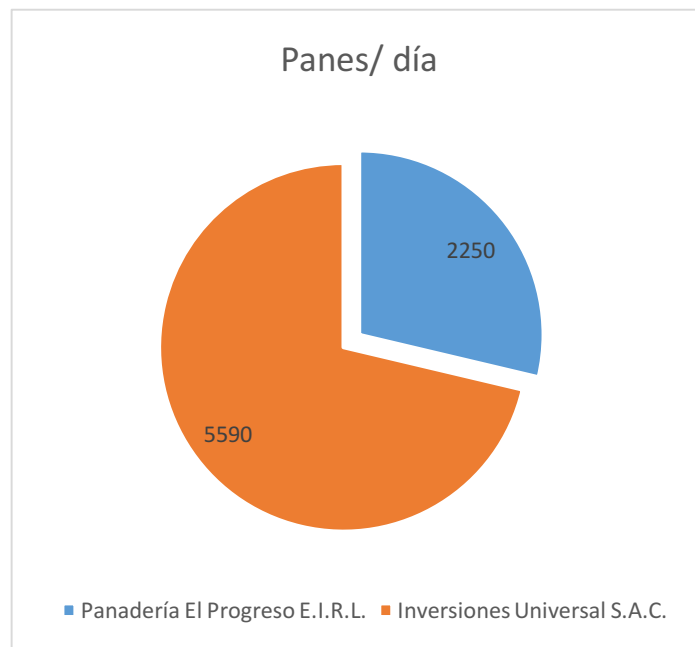


Figura n°34: Comparación de producción por día.

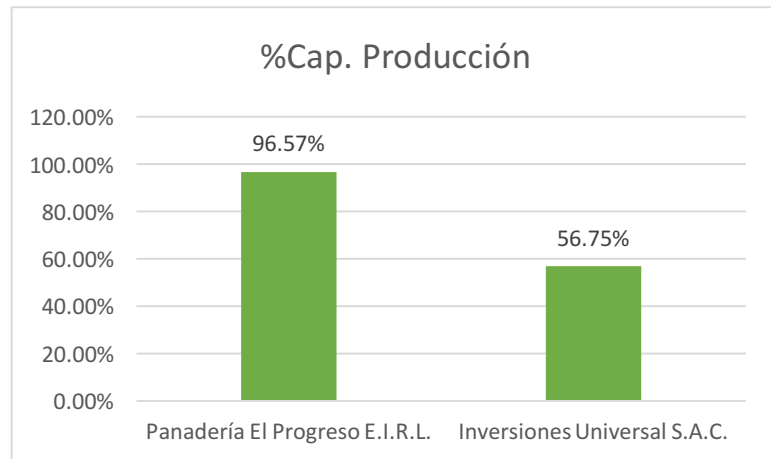


Figura n°35: Comparación de % de capacidad de producción.

Por otro lado, en la panadería Tapia se generó un ahorro monetario de 8,896.00 soles, utilizando las herramientas de Lean Manufacturing en las áreas de producción y mantenimiento. Este resultado es muy alto a comparación de la empresa Inversiones Universal S.A.C. lo cual ha generado un ahorro de 3,158.87 soles. Teniendo en cuenta, que la diferencia de pérdidas anuales resultantes por problemas en el área de mantenimiento de las empresas Tapia e Inversiones Universal, es de 10,436.8 soles y 7394.4 soles, respectivamente.

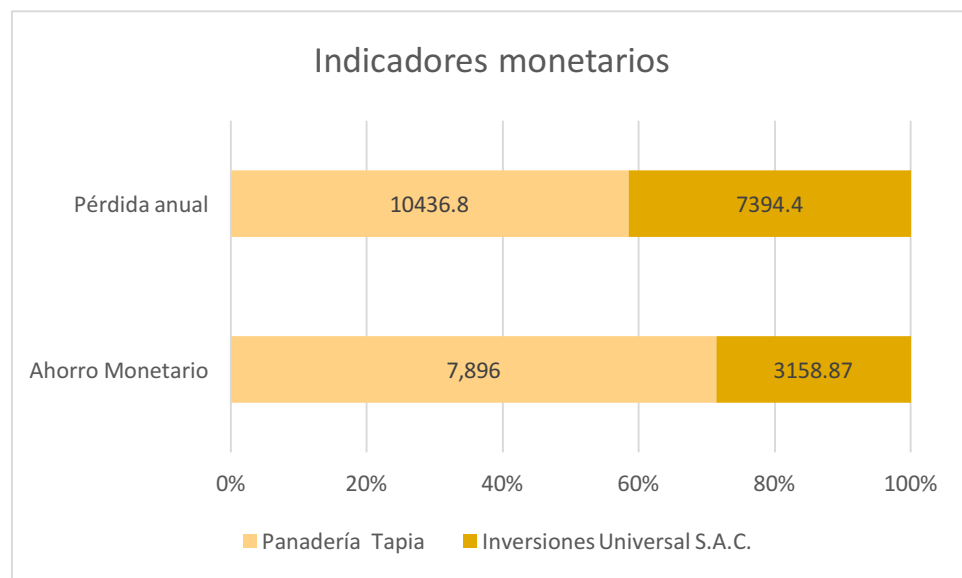


Figura n°36: Comparación de indicadores monetarios.

## 4.2. Conclusiones:

- 4.2.1. Se desarrolló una propuesta de mejora basada en la metodología RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad, y en un Plan de Capacitación de Mantenimiento; lo cual permitió reducir la pérdida anual de S/. 7,394.40 a S/. 4,208.53, generando un ahorro monetario de S/. 3,185.87 sobre los costos de la área de mantenimiento de la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- 4.2.2. Se diagnosticó que los costos en la área de mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C. son: S/. 3,518,82, S/. 2194.58 y S/. 1,683.00; debido a la inexistencia de un mantenimiento preventivo, la ausencia de control de paradas de máquinas y la falta de un plan de capacitación de mantenimiento, respectivamente.
- 4.2.3. Se desarrolló la metodología RCM, Mantenimiento Centrado en Confiabilidad y un Plan de Capacitación en la área de mantenimiento en la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C.
- 4.2.4. Se evaluó económica y financieramente a través del VAN, TIR y B/C; obteniendo valores de S/. 18,707.35, 23.26%, 2.70, de cada indicador respectivamente. Lo cual se concluyó que la propuesta de mejora en la área de mantenimiento de la línea de producción de pan de piso de la empresa Inversiones Universal S.A.C., es factible y rentable.

# REFERENCIAS

Asociación española de la industria de la panadería, bollería y pastelería (2013), *La industria panadera en cifras*. Recuperado de: [http://www.qcom.es/alimentacion/reportajes/la-industria-panadera-encifras\\_26720\\_2\\_29159\\_0\\_1\\_in.html](http://www.qcom.es/alimentacion/reportajes/la-industria-panadera-encifras_26720_2_29159_0_1_in.html).

Asociación Peruana de Empresarios de la Panadería y Pastelería. (2016). *En Perú existen unas 10,000 panaderías pastelerías y Lima concentra el 43%*. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/>.

Association Internationale de la Boulangerie Industrielle. (2015). *AIBI Bread Market Report 2013*. Recuperado de <https://www.aibi.eu/wp-content/uploads/draft-AIBI-Bread-Market-report-2013.pdf>

Instituto de Estudios Económicos y Sociales de la Sociedad Nacional de Industrias. (2018). *Industria panadera creció 4.1% en el primer semestre del 2018*. Recuperado de <https://www.sni.org.pe/>.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2015). *Investigación preliminar sobre una presunta concertación de precios del pan en la ciudad de Trujillo*. Recuperado de <https://www.indecopi.gob.pe/documents/20182/143803/Inf015-2006.pdf>

Instituto Nacional de Estadística e Informática. (2016). *Sondeo del Precio del Pan*. Recuperado de [http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/resultados\\_del\\_sondeo\\_del\\_precio\\_del\\_pan-05-10.pdf](http://minagri.gob.pe/portal/download/pdf/herramientas/boletines/resultados_del_sondeo_del_precio_del_pan-05-10.pdf)

Camet, A. (23 de octubre de 2014). *Especulación hace subir el precio del pan en Trujillo*. *El Correo*. Recuperado de <https://diariocorreo.pe/>.

Chiavenato, I. (2009). *Gestión del talento humano*. (3ra ed.). Mexico: McGraw Hill

Dahbura, L., Figueroa, L. y Solórzano, R. (2017). *Diseño de un plan de gestión de mantenimiento basado en 5s en una empresa panificadora salvadoreña*. Recuperado de <http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/11715/1347/1/63417.pdf>

Maldonado C. y Pillajo G. (2009), *Manual de Ingeniería de Mantenimiento para Panificadora Industrial Arenas*. Recuperado de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/1258>.

Mejía R. (2017), *Propuesta de un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad (RCM), para mejorar la productividad de la empresa Ersa Transportes y Servicios S.R.L.* Recuperado de [http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/912/3/TL\\_MejiaCuevaRicardo.pdf](http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/912/3/TL_MejiaCuevaRicardo.pdf).

Oficina de estudios económicos y estadísticos. (2010), *Sondeo del precio del pan.* Recuperado de <http://www.minagri.gob.pe/portal/download/pdf/especiales/sondeosypronosticos/precio-pan-15y16-mayo-2010.pdf>

Paz K. (2016). *Propuesta de mejora del proceso productivo de la panadería el Progreso E.I.R.L. para el incremento de la producción.* Recuperado de [http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/810/1/TL\\_PazHuamanKaren.pdf](http://tesis.usat.edu.pe/bitstream/usat/810/1/TL_PazHuamanKaren.pdf).

Tapia J. (2017), *Propuesta de mejora en el área de producción para el aumento de utilidades utilizando herramientas de lean manufacturing en panadería Tapia.* Recuperado de <http://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/12856/Tapia%20Vasquez%20Juan%20Jacinto.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Torres, A. (4 de septiembre de 2018). *Industria panadera creció 4,1% en primer semestre de 2018 ¿Qué productos se exportaron más?. La República.* Recuperado de <https://larepublica.pe/economía>.



# ANEXOS

**Anexo nº01: Encuesta "Opinión de Expertos" - Área de Producción.**

**ENCUESTA "OPINION DE EXPERTOS" - EMPRESA SANCHEZ SAC**

**Área:** PRODUCCIÓN

**Problema:** Altos Costos operativos.

**Operario:** Juan Reyes **Especialista:** Panadero (Turno día).

\*Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el Problema.

Valorización	Puntaje
Alto	5
Regular	3
Bajo	1

EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE QUE CAUSA ES LA QUE TIENE MAYOR PARTICIPACION PARA LOS ALTOS COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA.  
( ) ALTO ( ) MEDIO ( ) BAJO

Área	Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación		
			Alto	Medio	Bajo
MANTENIMIENTO	<b>Cr1</b>	No existe un plan de mantenimiento preventivo.	X		
	<b>Cr2</b>	Ausencia de un control de paradas demáquinas en el proceso de producción.		X	
	<b>Cr3</b>	Falta de un sistema de gestión ambiental.			X
	<b>Cr4</b>	Falta de un plan de capacitación de mantenimiento preventivo.		X	

**Anexo nº02:** Encuesta "Opinión de Expertos" - Área de Mantenimiento.

**ENCUESTA "OPINION DE EXPERTOS" - EMPRESA SANCHEZ S**

Área: MANTENIMIENTO

Problema: Altos costos operativos.

Operario: Melvi Lafora Especialista: Técnico de mantenimiento.

\*Marque con una "X" según su criterio de significancia de causa en el Problema.

Valorización	Puntaje
Alto	5
Regular	3
Bajo	1

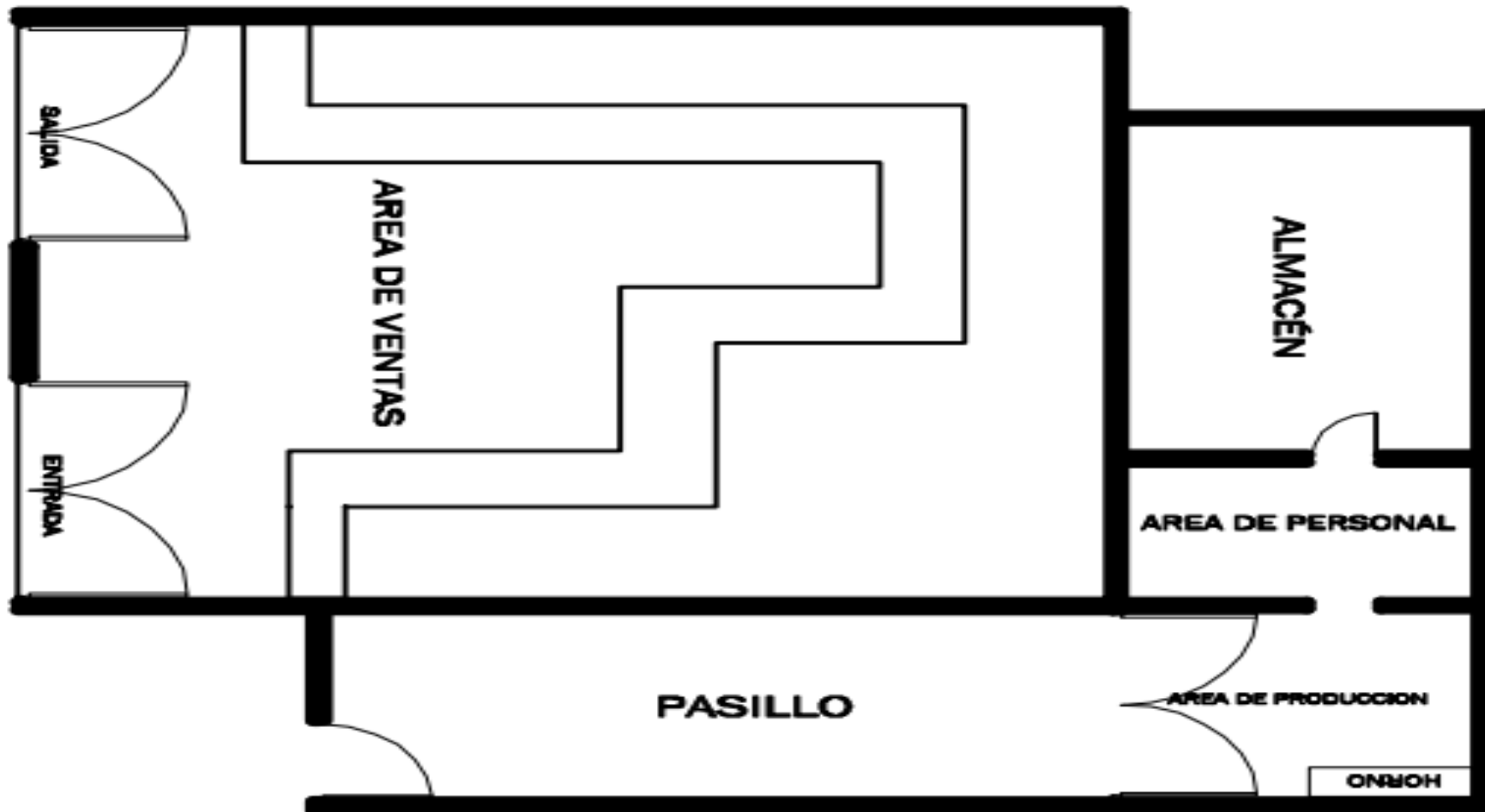
EN LAS SIGUIENTES CAUSAS CONSIDERE QUE CAUSA ES LA QUE TIENE MAYOR PARTICIPACION PARA LOS ALTOS COSTOS OPERATIVOS EN LA EMPRESA.  
( ) ALTO ( ) MEDIO ( ) BAJO

Área	Causa	Preguntas con Respecto a las Principales Causas	Calificación		
			Alto	Medio	Bajo
MANTENIMI ENTO	Cr1	No existe un plan de mantenimiento preventivo.	X		
	Cr2	Ausencia de un control de paradas demáquinas en el proceso de producción.	X		
	Cr3	Falta de un sistema de gestión ambiental.		X	
	Cr4	Falta de un plan de capacitación de mantenimiento preventivo.		X	

**Anexo n°03: Estado de Resultados del proyecto.**

CONCEPTO	2019						2020					
	Meses											
	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
<b>INGRESOS POR VENTAS</b>	S/. 26,284.60	S/. 25,447.24	S/. 25,868.01	S/. 26,463.82	S/. 25,706.01	S/. 26,199.30	S/. 26,716.05	S/. 27,131.89	S/. 27,966.36	S/. 26,301.04	S/. 27,093.75	S/. 26,851
Otros ingresos	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -	S/. -
<b>VENTAS NETAS</b>	S/. 26,284.60	S/. 25,447.24	S/. 25,868.01	S/. 26,463.82	S/. 25,706.01	S/. 26,199.30	S/. 26,716.05	S/. 27,131.89	S/. 27,966.36	S/. 26,301.04	S/. 27,093.75	S/. 26,851
<b>COSTO DIRECTOS</b>												
Costo de Ventas	S/. 18,529.83	S/. 18,131.28	S/. 18,616.56	S/. 19,459.87	S/. 18,626.96	S/. 19,281.59	S/. 19,458.99	S/. 20,294.33	S/. 20,795.24	S/. 19,462.98	S/. 19,713.81	S/. 19,770
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>												
Sueldos administrativos	S/. 1,850.00	S/. 1,730.30	S/. 1,750.40	S/. 1,950.30	S/. 1,799.65	S/. 1,878.90	S/. 1,888.90	S/. 1,987.95	S/. 1,987.95	S/. 1,987.95	S/. 1,987.95	S/. 1,987
<b>GASTOS DE VENTAS</b>												
Gastos de Ventas	S/. 841.00	S/. 798.00	S/. 821.00	S/. 815.00	S/. 805.00	S/. 820.00	S/. 825.00	S/. 830.00	S/. 830.00	S/. 830.00	S/. 830.00	S/. 830
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	S/ 5,063.77	S/ 4,787.67	S/ 4,680.05	S/ 4,238.65	S/ 4,474.40	S/ 4,218.81	S/ 4,543.16	S/ 4,019.61	S/ 4,353.17	S/ 4,020.11	S/ 4,561.98	S/ 4,263
<b>GASTOS FINANCIEROS</b>												
Gastos financieros	S/ 210.00	S/ 194.95	S/ 179.72	S/ 164.31	S/ 148.72	S/ 132.95	S/ 117.00	S/ 100.86	S/ 84.54	S/ 68.02	S/ 51.31	S/ 34
<b>GASTOS DE DEPRECIACIÓN</b>												
Gastos de depreciación	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239.16	S/. 239
<b>UTILIDAD ANTES DE IMPUESTO DE RENTA</b>	S/ 4,614.61	S/ 4,353.56	S/ 4,261.18	S/ 3,835.18	S/ 4,086.52	S/ 3,846.70	S/ 4,187.00	S/ 3,679.59	S/ 4,029.48	S/ 3,712.93	S/ 4,271.52	S/ 3,990
impuestos a la renta (18%)	S/ 830.63	S/ 783.64	S/ 767.01	S/ 690.33	S/ 735.57	S/ 692.41	S/ 753.66	S/ 662.33	S/ 725.31	S/ 668.33	S/ 768.87	S/ 718
<b>UTILIDAD NETA DEL EJERCICIO</b>	S/ 3,783.98	S/ 3,569.92	S/ 3,494.17	S/ 3,144.85	S/ 3,350.95	S/ 3,154.29	S/ 3,433.34	S/ 3,017.27	S/ 3,304.17	S/ 3,044.60	S/ 3,502.64	S/ 3,271

Anexo n°04: Plano General de la empresa Inversiones Universal S.A.C.



**Anexo nº05: Estado Actual de las máquinas del proceso de producción de pan de piso**

<p><b>ESTADO DE LAS MÁQUINAS ACTUALMENTE. USO = 10 AÑOS</b></p>	<p>ESTACIÓN DE TRABAJO: <b>PESADO</b> MÁQUINA: <b>BALANZA DIGITAL</b></p>	<p>ESTACIÓN DE TRABAJO: <b>AMASADO</b> MÁQUINA: <b>AMASADORA INDUSTRIAL</b></p>	<p>ESTACIÓN DE TRABAJO: <b>HORNEADO</b> MÁQUINA: <b>HORNO ARTESANAL</b></p>
			
<p>La gerente comentaba que las máquinas tienen más de 10 años de uso debido que a lo largo de los años, toda falla ha sido reparada. Sin embargo, hoy en día, estas máquinas son reponenciadas con repuestos de mala calidad, ya que no mantienen el mismo sistema de una máquina nueva. Además, afirmaba que la marca de la amasadora, vende sus propios repuestos, y que en muchos casos los traen de Lima, lo cual tarda mayor tiempo. Este problema pasa más en la máquina amasadora, por el uso y marca de los repuestos/piezas.</p>			

