

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



**PROPUESTA PARA AUMENTAR LA
PRODUCTIVIDAD DEL PROCESO PRODUCTIVO
DE CAJAS PORTA-MEDIDORES DE ENERGÍA
MONOFÁSICAS EN LA INDUSTRIA METÁLICA
CERINSA E.I.R.L., APLICANDO EL OVERALL
EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)**

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

LUIS MARTIN VASQUEZ CONTRERAS

Chiclayo, 28 Octubre de 2015

**“PROPUESTA PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD
DEL PROCESO PRODUCTIVO DE CAJAS PORTA-
MEDIDORES DE ENERGÍA MONOFÁSICAS EN LA
INDUSTRIA METÁLICA CERINSA E.I.R.L., APLICANDO
EL OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)”**

POR:

LUIS MARTIN VASQUEZ CONTRERAS

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

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

JURADO INTEGRADO POR:

Dr. Maximiliano Arroyo Ulloa

PRESIDENTE

Mgtr. Sonia Salazar Zegarra

SECRETARIA

Ing. Evans Llontop Salcedo

ASESOR

DEDICATORIA

A mi Señor Dios,

A mis Padres, Pamela y Juan Luis, que son el motor y motivo de todo lo que hago en mi vida, a mis hermanos César y Diana, y a toda mi familia.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar a mi señor Dios, por permitir hoy ser muy feliz y ser quién soy, por guiarme siempre por el camino correcto, por apoyarme cuando más lo necesité a pesar de todo y por ayudarme en todos mis objetivos trazados.

A mis padres, Pamela y Juan Luis, por guiarme por el camino correcto y por brindarme valores para ser una mejor persona y profesional; y a mis hermanos Cesar Augusto y Diana Carolina, por aguantarme tantas veces mis reniegos o enojos por la tensión que tuve para llevar a cabo este nuevo objetivo.

Seguidamente, quiero agradecer a cada uno de los ingenieros que me enseñaron no sólo en el aprendizaje, sino a ser mejor persona en toda esta etapa universitaria, por eso estoy agradecido con cada uno de ellos y, de sobremanera a mi asesor el ingeniero Evans Llontop Salcedo, porque siempre creyó en mí en este último peldaño de mi carrera, por apoyarme y brindarme el tiempo y conocimiento necesario para el desarrollo de mi tesis; y al ingeniero César Cama Peláez, por apoyar en cualquier inconveniente que se le pueda presentar a un estudiante.

A mis amigos de la universidad y del colegio, en especial a aquellos que estuvieron en los momentos más felices y difíciles, por apoyarme, brindarme su amistad y a pesar de todo estar a mi lado. Al igual a aquellas personas que me brindaron la fuerza, el apoyo y pusieron su grano de arena para culminar dicho objetivo.

PRESENTACIÓN

El presente trabajo de investigación, está enfocado en aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., basándose en la propuesta del indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE).

El Overall Equipment Effectiveness (OEE) es un indicador de mejoramiento de procesos, cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente, para así aumentar la productividad desde el punto de vista de las máquinas industriales, ya sea aumentando la producción pero manteniendo los recursos utilizados o manteniendo la producción pero reduciendo los recursos utilizados.

La ventaja frente a otros métodos o razones, es que mide en un único indicador todos los parámetros fundamentales de una producción industrial tales como disponibilidad, rendimiento y calidad, obteniendo así datos más precisos sobre los problemas existentes.

Este indicador a diferencia de un mantenimiento común, sólo se enfoca en las máquinas industriales que presentan un OEE deficiente que afectan el aumento de la productividad, mientras que el mantenimiento común se enfoca de manera global en todas las máquinas, por lo cual el costo de mantenimiento del indicador OEE será menor que el del mantenimiento común.

El autor.

RESUMEN

El indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), permitió aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. en un 27,27%; es decir, este porcentaje indica que ahora se producirán 14 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 1 hora, obteniendo la misma cantidad de producción pero reduciendo recursos utilizados (planchas de acero inoxidable y energía empleada), y en 3 días menos de producción. También los indicadores de productividad aumentarían y la eficiencia física aumentará en un 0,46%. Así mismo, el OEE de las máquinas industriales de mayor importancia dentro del proceso productivo aumentará en un 10% por mejora global del OEE (al reducir los tiempos de paros no planificados). Por ello el OEE actual de 82,06% aumentará al 87,74%, es decir existirá un incremento de 5,68%, logrando así que el OEE del proceso productivo de las máquinas industriales llegue a los valores del “World Class”. Para ello, la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. tendrá que invertir un total de S/.4 900,00 nuevos soles, para así obtener un ahorro económico de S/.6 018,61 nuevos soles por cada lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas. Este ahorro económico, reflejará una utilidad neta de S/.11 623,48 nuevos soles, el cual presentará un incremento del 105,72% en comparación a la utilidad neta actual de S/.5 650,00 nuevos soles. Finalmente, la inversión se recuperará en 16 días y el flujo de caja futuro acumulado tendrá un mayor beneficio económico que el actual, reflejándose en un saldo mayor en el futuro.

Palabras Clave: *OEE, productividad, proceso productivo, máquina industrial, industria metálica, caja porta-medidor de energía monofásica.*

ABSTRACT

The indicator Overall Equipment Effectiveness (OEE), allowed to increase the productivity of the productive process of boxes porta-measurers of single phase powers of the Metal Industry CERINSA E.I.R.L. at 27,27%, this percentage increase productivity indicates that now produce 14 boxes porta-measurers of single phase powers, producing the same amount of production, but reducing resources used (stainless steel plates and energy used) and in three days unless production. Productivity indicators also increased and physical efficiency increased by 0,46%. The OEE of industrial machines more important in the production process increased in 10% by overall improvement in OEE (by reducing unplanned stoppages times). Therefore the current OEE of 82,06% increased to 87,74%, that is to say there was a 5,68% increase; thus achieving the OEE of the production process of industrial machines reaches values of “World Class”. To do this, the Metal Industry CERINSA E.I.R.L, will have to invest a total of S/.4 900,00 soles, to obtain a cost savings of S/.6 018,61 soles per each bath of 2 000 manufacturing boxes porta-measurers of single phase powers. This cost savings, reflecting a net profit of S/.11 623,48 soles, which shows an increase of 105,72% compared to the current net profit of S/.5 650,00 soles. Finally, the investment will be recovered in 16 days and the accumulated future cash flow will have a greater economic benefit than today, reflecting a greater balance in the future.

Keywords: *OEE, productivity, productive process, industrial machine, metal industry, boxes porta-measure of single phase power.*

ÍNDICE

CARÁTULA	i
CARÁTULA CON JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
PRESENTACIÓN	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
ÍNDICE	viii
I. INTRODUCCIÓN	16
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	18
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	18
2.2. FUNDAMENTOS TEORICOS	22
2.2.1. INDUSTRIA METÁLICA	22
2.2.2. PRODUCTIVIDAD	22
2.2.2.1. Indicadores de Productividad	23
2.2.3. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)	25
2.2.3.1. Cálculo del indicador OEE	27
2.2.3.2. Parámetros de medición en el indicador OEE	27
2.2.3.2.1. Disponibilidad	27
2.2.3.2.2. Rendimiento	28
2.2.3.2.3. Calidad	29
2.2.3.3. Las seis grandes pérdidas	30
2.2.4. CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS	31
2.2.4.1. Matriz de Criticidad	33
III. RESULTADOS	33
3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA	33
3.1.1. LA EMPRESA	33
3.1.1.1. Misión	34
3.1.1.2. Visión	34
3.1.1.3. Localización geográfica	34
3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	35
3.1.2.1. Descripción del Producto principal	35
3.1.2.2. Descripción del Proceso productivo de las Cajas porta-medidores de energía monofásicas	35
3.1.2.3. Descripción de las Máquinas industriales utilizadas en el	
	viii

Proceso productivo	37
3.1.2.4. Análisis del Proceso productivo	44
3.1.2.5. Indicadores actuales de Productividad	50
3.1.3. IDENTIFICACIÓN DE PROBLEMAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO Y SUS CAUSAS	54
3.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO PRODUCTIVO	63
3.2.1. CÁLCULO DE LA CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS	63
3.2.2. CÁLCULO DEL INDICADOR OEE	65
3.2.2.1. Indicador OEE/Máquina	68
3.2.2.2. Indicador OEE/Etapa del Proceso productivo	70
3.2.2.3. Indicador OEE/Áreas del Proceso productivo	71
3.2.2.4. Indicador OEE del Proceso productivo	72
3.2.3. ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS POR DEBAJO DE LOS VALORES “WORLD CLASS”	73
3.2.4. EVIDENCIACIÓN DEL AUMENTO DEL INDICADOR OEE APLICADO A EMPRESAS	75
3.2.5. NUEVOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	78
3.2.6. CUADRO COMPARATIVO DE LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD	82
3.3. ANÁLISIS COSTO – BENEFICIO	83
3.3.1. COSTO/INVERSIÓN	83
3.3.2. BENEFICIO/AHORRO	87
3.3.3. COSTO-BENEFICIO	88
IV. CONCLUSIONES	93
V. RECOMENDACIONES	95
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	96
VII. ANEXOS	98
Anexo 1. Vistas y medidas de la caja porta-medidor de energía monofásica	98
Anexo 2. Máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta- medidores de energía monofásicas	99
Anexo 3. Evidenciación del tiempo total de paradas de la prensa 12 en la etapa de uñas para corredizo del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	101
Anexo 4. Energía empleada por las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	102

Anexo 5. Energía empleada por las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas después del nuevo indicador OEE	103
Anexo 6. Horas utilizadas de operación versus el número de piezas fabricadas en cada etapa del proceso productivo de las cajas porta - medidores de energía monofásicas dentro del 1er semestre de los años 2012 y 2013	104
Anexo 7. Cálculo del indicador OEE del proceso productivo en base a 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas	105

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación del indicador OEE	25
Tabla 2. Máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía monofásicas	39
Tabla 3. Máquinas industriales del área de prensado	40
Tabla 4. Máquinas industriales del área de servicio	40
Tabla 5. Tiempo de paradas de producción por cada máquina industrial para un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas	41
Tabla 6. Porcentaje de actividades productivas e improductivas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	50
Tabla 7. Demanda anual de las cajas porta-medidores de energía entre los años 2009 al 2013	54
Tabla 8. Unidades defectuosas considerando las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas	55
Tabla 9. Unidades defectuosas sin considerar las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas	55
Tabla 10. Horas utilizadas de operación promedio y la cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas en cada etapa del proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía monofásicas	55
Tabla 11. Paros planificados y no planificados que se dan en cada una de las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	62
Tabla 12. Ponderación de los factores para el cálculo de la criticidad de las máquinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	63

Tabla 13. Criticidad de las máquinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	65
Tabla 14. Formato del registro de paros planificados (PP) y paros no planificados (PNP) del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	66
Tabla 15. Cálculo del indicador OEE en la etapa de cuerpos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	67
Tabla 16. OEE por cada máquina industrial	68
Tabla 17. OEE por cada etapa del proceso productivo	70
Tabla 18. OEE por cada área del proceso productivo	71
Tabla 19. Parámetros del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	72
Tabla 20. OEE de las máquinas industriales por debajo del valor “World Class”	73
Tabla 21. Tiempos promedio de los datos recolectados de la disponibilidad de las máquinas que presentan un OEE menor al valor del “World Class”	74
Tabla 22. Ahorro perdido por los paros no planificados promedio para un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas	75
Tabla 23. Nuevo indicador OEE de las máquinas industriales que presentan criticidad a partir de la reducción de los tiempos de paros no planificados	76
Tabla 24. Comparación de los nuevos valores del indicador OEE	76
Tabla 25. Nuevo indicador OEE de las máquinas industriales después de aplicarse el 10% de mejora global por máquina	77
Tabla 26. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 3	83
Tabla 27. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 5	84
Tabla 28. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 6	84
Tabla 29. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 10	85
Tabla 30. Costo de la inversión para la máquina industrial – Guillotina 2	86
Tabla 31. Costo total de la inversión en las máquinas industriales	86
Tabla 32. Otros gastos para la inversión	87
Tabla 33. Costo total de la inversión	87
Tabla 34. Beneficio a partir del ahorro de insumos	88

Tabla 35. Costo de producción para un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas	88
Tabla 36. Depreciación de la implementación de la inversión en base a un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas	89
Tabla 37. Estado de ganancias y pérdidas	90
Tabla 38. Flujo de caja actual	91
Tabla 39. Flujo de caja de futuro	91
Tabla 40. Comparación del flujo de caja actual y futuro a partir de la inversión	92
Tabla 41. Energía empleada por las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	102
Tabla 42. Energía empleada por las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas después del nuevo indicador OEE	103
Tabla 43. Cálculo del indicador OEE en la etapa de cuerpos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	105
Tabla 44. Cálculo del indicador OEE en la etapa de bocina de bisagras del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	106
Tabla 45. Cálculo del indicador OEE en la etapa de platinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	106
Tabla 46. Cálculo del indicador OEE en la etapa de portamaderas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	106
Tabla 47. Cálculo del indicador OEE en la etapa de portavidrios del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	106
Tabla 48. Cálculo del indicador OEE en la etapa de costados del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	107
Tabla 49. Cálculo del indicador OEE en la etapa de tapas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	108
Tabla 50. Cálculo del indicador OEE en la etapa de cascos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	108
Tabla 51. Cálculo del indicador OEE en la etapa de sombreros del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	109
Tabla 52. Cálculo del indicador OEE en la etapa de portaomegas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	109

Tabla 53. Cálculo del indicador OEE en la etapa de uñas para corredizo del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	110
Tabla 54. Cálculo del indicador OEE en la etapa de omegas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	110
Tabla 55. Cálculo del indicador OEE en la etapa de riel dines del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	110
Tabla 56. Cálculo del indicador OEE en la etapa de bisagras del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	111
Tabla 57. Cálculo del indicador OEE en la etapa de corredizos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	111

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Factores para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas	32
Cuadro 2. Funciones que cumplen las máquinas industriales en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	43
Cuadro 3. Cuadro resumen del DAP	50
Cuadro 4. Total de horas utilizadas de operación promedio de más de las máquinas industriales y cantidad de piezas no fabricadas promedio por las horas utilizadas promedio en el 1er semestre del año 2013	59
Cuadro 5. Matriz de criticidad de las máquinas	64
Cuadro 6. Comparación entre el OEE actual y el OEE futuro por cada lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas fabricadas	79
Cuadro 7. Comparación de indicadores de productividad de acuerdo al OEE actual y al OEE futuro	82
Cuadro 8. Horas utilizadas de operación versus el número de piezas fabricadas en cada etapa del proceso productivo de las cajas porta - medidores de energía monofásicas dentro del 1er semestre de los años 2012 y 2013	104

ÍNDICE DE DIAGRAMAS

Diagrama 1. Flujo del proceso de cuerpos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	44
Diagrama 2. Flujo del proceso de costados del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	45
Diagrama 3. Flujo del proceso de tapas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	46
Diagrama 4. Flujo del proceso del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	47
Diagrama 5. Diagrama de operaciones (DOP) del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	48
Diagrama 6. Diagrama de actividades (DAP) del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	49
Diagrama 7. Diagrama de Ishikawa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	60

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Unidades defectuosas considerando las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas	55
Gráfico 2. Unidades defectuosas sin considerar las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas	56
Gráfico 3. Horas utilizadas de operación promedio de las máquinas industriales en cada etapa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en el 1er semestre del año 2012 y 2013	58
Gráfico 4. Cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas en cada etapa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en el 1er semestre del año 2012 y 2013	58
Gráfico 5. OEE por cada máquina industrial	69
Gráfico 6. OEE por cada etapa del proceso productivo	70
Gráfico 7. OEE por cada área del proceso productivo	71
Gráfico 8. Parámetros del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cadena derivada de una mayor productividad	22
Figura 2. Ubicación de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.	34
Figura 3. Caja porta-medidor de energía monofásica de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.	35
Figura 4. Distribución física de las máquinas industriales	37
Figura 5. Vistas y medidas de la caja porta-medidor de energía monofásica	98
Figura 6. Prensa Mecánica	99
Figura 7. Distracción del operario	99
Figura 8. Prensa YSD	100
Figura 9. Unidades defectuosas del proceso de cajas porta-medidores de energía monofásicas	100

I. INTRODUCCIÓN

Las industrias siempre se encuentran ante un nuevo escenario económico, en el que situaciones tales como la liberación comercial, la revolución tecnológica en los procesos productivos, entre otros han provocado un clima más competitivo. Dentro de las industrias peruanas, el sector metálico es una de las que más está resaltando, este sector abarca desde la fabricación de pequeños elementos hasta la elaboración de materiales complejos que necesitan una adecuada utilización de los recursos que se presentan en el proceso de fabricación como: máquinas industriales, mano de obra, materiales y herramientas, etc.

En un proceso de producción se pueden observar distintas líneas de proceso, las cuales elaboran una gran variedad de productos requeridos por el mercado durante el tiempo que se requieran y de los estándares de calidad correspondientes. Debido a ello, hoy en día, no basta sólo con optar por nuevos sistemas de producción o herramientas para optimizar procesos, sino que también es importante utilizar indicadores que nos ayuden a un adecuado y efectivo funcionamiento desde el punto de vista de las máquinas industriales utilizadas en la elaboración de los productos, ya que a partir de lo antes mencionado se puede reducir el aumento considerado de costos por pérdidas de tiempo de producción, eliminación de desechos, atrasos en las entregas, entre otros.

El presente trabajo de investigación, plantea una propuesta para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., proponiendo la aplicación del Overall Equipment Effectiveness (OEE), para ello tenemos que desarrollarlo de la siguiente forma:

En primer lugar, diagnosticamos la situación actual de las máquinas industriales y del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., la cual es una industria dedicada a la producción de productos metálicos dentro de los cuales destacan los tableros de distribución, cajas porta-medidores de energía, moldes metálicos, entre otros. Los productos mayor demandados son las cajas porta-medidores de energía monofásicas, hechas de planchas de acero inoxidable. Para su elaboración se utilizan 29 máquinas entre industriales y manuales (figura 4). Las máquinas industriales a medida que han sido utilizadas, presentaron problemas de paros no planificados como desgaste, averías, montaje incorrecto, rompimiento del eje, etc. (ver tabla 11); lo cual interrumpió el flujo del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, ocasionado que existan piezas reprocesadas y estos a su vez que salgan productos reprocesados como defectuosos (ver tabla 8). Así mismo, el rendimiento y la disponibilidad de las máquinas industriales también fueron afectados por una mala manipulación de algunos operarios, esto hacia que los pedidos en algunos casos demoren más de lo debido por este tipo de paradas.

Además, a pesar de existir un mantenimiento global todos los sábados de 1 pm a 3 pm, los problemas de disponibilidad y rendimiento de las máquinas industriales siguieron presentes, esto se evidenció claramente en el número de piezas que fueron fabricadas por año para este proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, es decir en el primer semestre del 2013 existió una menor cantidad de piezas promedio (2 485 piezas) con respecto al primer semestre del año 2012 y con una mayor cantidad de horas utilizadas promedio (63 horas). (Ver cuadro 4).

En segundo lugar, se propone la aplicación del indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas. Este indicador presenta una gran ventaja sobre un mantenimiento que se suelen hacer a las máquinas, ya que este último se enfoca sólo en el rendimiento (obviando la disponibilidad y la calidad), por lo cual nos permitirá aumentar la productividad reduciendo recursos como energía, mano de obra, etc.

Para la propuesta de aumentar la productividad, primero se obtuvieron los actuales indicadores de productividad del proceso productivo (inciso 3.1.2.5.), luego se identificaron los problemas del mismo (inciso 3.1.3) y se analizó la criticidad de las máquinas (inciso 3.2.1), finalmente se calculó el OEE actual del proceso productivo (inciso 3.2.2). El resultado indicó un OEE del 82,06%, por lo cual mediante el análisis de criticidad de las máquinas, se determinó cuáles son las máquinas de mayor importancia y el indicador OEE, pudo corroborar dicha información. Es por ello que la presente tesis se enfoca en las máquinas por debajo de este valor “World Class”. Se halló que existe un tiempo de paro no planificado de 30,27 horas (equivalente a 3 días de producción), ocasionando una pérdida de ahorro económico total de S/.6 909,61 nuevos soles.

Para proponer la aplicación del indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), se tomó como referencia el artículo científico del señor Galarza (2010), para estimar el rango de valores entre los cuales aumenta la productividad, comparándolo con el porcentaje de aumento de las máquinas que estaban por debajo del valor “World Class”, después de reducir los paros no planificados del proceso productivo. El resultado confirmó que las máquinas de mayor importancia aumentarán en un 10% de OEE por mejora global. Por ello, a partir de esta reducción de tiempos se calcularon los nuevos indicadores de productividad y la nueva productividad total (inciso 3.2.5), los cuales se compararon con los actuales indicadores (inciso 3.2.6).

Finalmente, se procedió a calcular los beneficios económicos a partir de la propuesta de la aplicación del indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), para aumentar la productividad en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. Así se obtuvo un beneficio económico de S/. 11 623,48 nuevos soles como utilidad neta después de realizar la inversión para obtener dichos resultados cuyo valor fue de S/.4 900,00 nuevos soles.

II. MARCO DE REFERENCIA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

- Dhake, R (2012), con relación a su artículo científico “Revisión del TPM y medición del OEE en una empresa de fabricación de partes manufactureras”:

Se concluyó que con el valor de OEE, se muestra que la empresa cuenta con un sistema de producción para producir productos en más cantidad en el mismo tiempo de producción mediante la mejora de la situación actual, es decir, mejorando la disponibilidad, la calidad y la tasa de eficiencia en el rendimiento. Estos tres factores que indican todas las fallas en el sistema de producción.

Seguidamente, se determinó que el OEE de la estación de trabajo de doblado es la más baja en comparación con los otros (15,12%). Así que para aumentar la producción, la estación de trabajo de doblado es el punto clave para iniciar las mejoras. Además, con la mejora de la eficiencia en el rendimiento de la máquina dobladora (18,63%), se incrementará el valor de la OEE de la estación de trabajo de doblado.

También, el papel del mantenimiento para desarrollar un buen sistema de producción y para mejorar el valor OEE de las máquinas de producción no puede ser ignorada, pero no es el principal problema de esta empresa caso. Las máquinas están a la espera de la obra en el tiempo de producción. Esto es debido a la más de una responsabilidad de los operadores. La mayor parte de su tiempo se desperdicia en el control de calidad y manejo de materiales. Durante este tiempo las máquinas están disponibles para la producción, pero permanecen inactivos como el operador está ocupado haciendo otra cosa.

Finalmente, el autor propuso algunas recomendaciones como que la empresa deberá utilizar el OEE como indicador para evaluar la situación actual y para conocer el punto de partida para el proceso de mejora. Otra recomendación es que la empresa cuenta con los problemas de calidad en el último año y la mayor parte de dinero perdido debido a los problemas de calidad. Así que la compañía debe entrar en un análisis detallado para averiguar las causas profundas de los problemas y activar su sistema de calidad para reducir estos problemas. Y por último, la empresa debe tener un constante seguimiento para todas las máquinas; para que sean capaces de disminuir las fallas e interrupciones cortas y mantener así a las máquinas en las mejores condiciones para la producción.

- Cabrera E. y otros. (2013). “Diagnóstico del OEE y mejorar una pequeña empresa como una herramienta esencial para la competitividad empresarial”:

Se pudo determinar que una buena aplicación del OEE puede permitir que cualquier empresa para hacer un análisis detallado de las áreas básicas (disponibilidad, rendimiento y calidad) que permiten identificar las mejores áreas de oportunidad, trabajar con ellos para mejoras que beneficien no sólo a la empresa sino también a los clientes.

En todas las empresas es esencial para establecer y monitorear los indicadores clave, debido a que no puede controlar lo que no se puede medir, también, si el comportamiento del proceso no se conoce, entonces los problemas que pudieran surgir no se detecta a tiempo.

Además, el estudio OEE permite analizar exhaustivamente el estado de los equipos, sino también para detectar los principales problemas, centrándose en lo que es el más importante sin perder tiempo ni recursos en otras cosas. Para el estudio OEE ser un éxito, es importante que la recopilación de datos sea fiable, debido a esto es la base para el desarrollo de cualquier estudio.

Los resultados obtenidos de acuerdo al OEE a la fabricación de moldes, fueron los siguientes: disponibilidad de las máquinas 63,8%, el rendimiento 64,2% y la calidad de 91%; obteniéndose así un OEE de 37,27%, el cual es inaceptable según la clasificación del OEE; existen pérdidas económicas muy importantes y una baja competitividad.

Seguidamente, se hicieron las mejoras correspondientes para la disponibilidad y el rendimiento de las máquinas; la cual se llegó a la siguiente conclusión: se obtuvieron efectos positivos de los cambios realizados durante el proyecto en los indicadores de disponibilidad y el rendimiento. Para la disponibilidad se iniciaron en el noveno mes la implementación de las mejoras, para el undécimo mes se superó la meta establecida y se mantiene sin grandes variaciones en contraste con la inicio del proyecto; obteniéndose así una disponibilidad de 78,6%. En cambio para el rendimiento, existió un incremento del 13,83%; es decir un rendimiento total de 78%, gracias al adecuado seguimiento de las máquinas.

Finalmente, debido a todas las máquinas se pueden utilizar para producir varios moldes no es posible determinar una ganancia exacto para cada máquina, ya que cada molde produce diferentes cantidades de piezas a diferentes precios. Pero, algunos beneficios en las mejoras implementadas en la máquina 3 con CM molde 5236 se pueden ver reflejadas en el aumento en la producción y en las ganancias. Para este molde las ganancias suben un estimado sobre \$5 733 dólares al mes.

- Muhammad, A. Muhammed, R. (2012), con relación a su artículo científico “Análisis del rendimiento por Overall Equipment Effectiveness de la sección de corte CNC de un astillero”:

Se determinó que la medición del desempeño es un principio fundamental de la gestión. La medición del rendimiento es importante, ya que identifica las brechas de rendimiento actuales entre el desempeño actual y el deseado y proporciona indicación del progreso de la empresa.

Además, se encontró que el porcentaje del OEE de la sección de corte CNC es muy bajo (35,01%) en comparación con el estándar mundial. Entre los tres factores de la OEE es decir, disponibilidad, rendimiento y tasa de Calidad, se encontró que en el punto de calidad es el más satisfactorio (96,13%). Pero deberá existir una gran cantidad de mejoras para el rendimiento (76,31%) y la disponibilidad (47,73%). Especialmente el factor de disponibilidad es muy bajo debido un gran tiempo ocioso (27%). Por lo tanto, los factores que conducen a pérdidas de disponibilidad deben ser identificados y eliminados.

- Jain, S. Parihar, S. (2012), con relación a su artículo científico “Cálculo del OEE para un proceso de ensamblado”:

Se concluyó que el OEE en el proceso de ensamblado fue de un 60% (disponibilidad 83,75%, rendimiento 83,3% y calidad 85%). El proceso de ensamblado tiene una calidad del 85% y 15% de pérdidas. Estas pérdidas en el proceso de ensamblado son principalmente pérdidas de tiempo de inactividad, pérdida de velocidad y las pérdidas de calidad que afectan a la eficacia global del equipo del proceso.

Además, para minimizar estas pérdidas, y para lograr la clase mundial OEE no debe haber reducción de los eventos que se discuten en la sección seis grandes pérdidas. Los principales eventos que son responsables de las pérdidas en proceso de ensamblado son: Fallas de herramientas, mantenimiento no planificado, configuración / cambio, la escasez de materiales, la escasez de operador, daños en proceso, vencimiento en proceso y mal ensamblado. Estos, se pueden reducir mediante la aplicación de nuevas técnicas y herramientas, almacenamiento de inventario adecuado, en la línea de montaje, trabajos cualificados, máquina de uso especial, etc.

Finalmente, las autoras hacen algunas recomendaciones como que el indicador OEE es muy útil para controlar el rendimiento de la producción y también ser visto como un indicador de desempeño en sostenibilidad. Enfoques OEE se pueden aplicar en el apoyo con las tecnologías.

- Nayak, D. (2013). “Evaluación del OEE en una Industria de proceso continuo en una línea de aislamiento de fabricación de cable”:

Se determinó, que gracias al indicador OEE se pudo calcular en un solo parámetro todos los factores de fabricación en tres componentes separados: disponibilidad 77,19%, rendimiento 68,67% y calidad 99,21%, proporcionando así el OEE del proceso de aislamiento en un 52,93%. También, determinó que existen tres principales pérdidas de tiempo que son pérdida de tiempo de inactividad, pérdida de velocidad, la pérdida de calidad. Estas pérdidas son importantes para identificar para el cálculo de la OEE y para evaluar la eficacia y la eficiencia de la máquina.

Además, el resultado obtenido del OEE en este proceso se distancia del World Class Level (85%). La principal razón de la distancia es el nivel de factor actuación en este proceso. Para llegar al nivel de clase mundial, el nivel de rendimiento de los procesos de aislamiento tiene que aumentar un 95%. Por otro lado el nivel actual es 68,67% inferior a la necesaria para llegar al nivel de clase mundial. Generalmente, los principales responsables de las pérdidas en el proceso de aislamiento son: configuración / cambio de horario de las ruedas de impresión, escasez de extrusión, el cambio de color, operadores semi-calificados, baja velocidad para diferentes clases de cobre, los ajustes de temperatura.

Finalmente, se hizo alguna recomendación; que se hicieran una serie de visitas al taller, la observación de las actividades diarias de los operadores y de las obras. En este estudio, para la aplicación del OEE se llevó a cabo un estudio adecuado sobre el tema. Sobre la base de la teoría estudiado y analizado, otra recomendación fue aumentar la velocidad de la máquina para así aumentar la productividad.

- Galarza, P. (2010). “Aplicación de un proceso de mejora continua en un taller mecánico utilizando la técnica de Mantenimiento Productivo Total”:

Se concluyó que para ponderar el rendimiento de la aplicación del TPM se selecciona como el indicador de eficacia global el más bajo de las máquinas. Antes de la implantación de la metodología el OEE global fue de 28% y después de la implantación 41%, obteniéndose un incremento del 13% en la eficacia global promedio por cada máquina en el taller mecánico.

El resultado determinó que la mayor cantidad de problemas fueron encontrados en los equipos de mecanizado torno, fresadora y en el área de bodega de repuestos y herramientas, en esta bodega se aplicó la técnica ABC, para clasificar los repuestos según su criticidad.

2.2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.2.1. INDUSTRIA METÁLICA

La industria metálica produce fundamentalmente laminados de acero, insumo para la industria metalmeccánica y para la industria de la construcción. Este tipo de industrias han fortalecido su participación en el mercado local y están teniendo una creciente presencia y éxito en el mercado internacional. Dentro de su proceso de producción se pueden observar distintas líneas de proceso, las cuales elaboran una gran variedad de productos requeridos por el mercado como: rodillos de laminación, dados de extrusión y trefilado, herramientas de carpintería, estructuras arquitectónicas, cajas porta-medidores de energía, alambres para instalaciones eléctricas, latas de refresco, piezas ortopédicas, etc.

2.2.2. PRODUCTIVIDAD

La productividad es la relación entre la producción de bienes, en el caso de una empresa manufacturera o ventas en la de los servicios, y las cantidades de recursos utilizados. De esta manera, el concepto de productividad es igualmente aplicable a una empresa industrial o de servicios, a una industria o al agregado de la economía. Es decir, nos indica cuánto producto generan los recursos utilizados en una actividad económica. Esta medida expresada como un índice permite ver cómo ha cambiado esa relación entre productos y recursos a través del tiempo, es decir, si se ha vuelto más eficiente o no la transformación de los recursos en el producto. (INEGI, 2003).

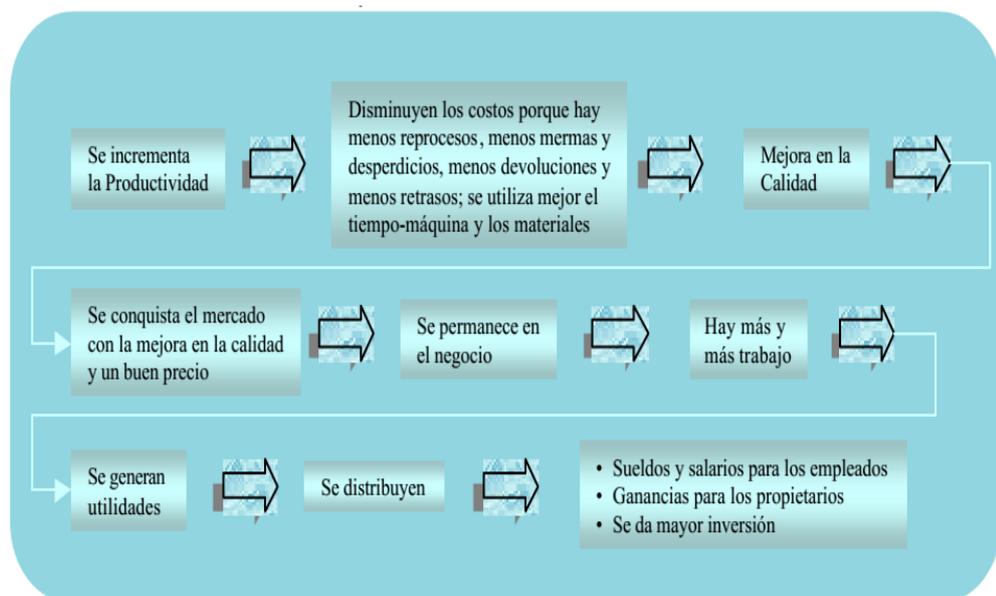


Figura 1. Cadena derivada de una mayor productividad

Fuente: INEGI, 2003.

Según Lefcovich, 2009; los factores que restringen el aumento de la productividad son:

- Incapacidad de los dirigentes para fijar el entorno y crear el clima propicio para el mejoramiento de la productividad.
- Problema de los reglamentos gubernamentales.
- El tamaño y la madurez de las organizaciones tienen un efecto negativo sobre el aumento de la producción.
- La incapacidad para medir y evaluar la productividad de la fuerza de trabajo.
- Recursos físicos, los métodos mediante los cuales se presenta y se lleva a cabo el trabajo como los factores tecnológicos actúan en forma individual y combinada para restringir la productividad.

2.2.2.1. Indicadores de Productividad

Los indicadores de productividad son aquellos que nos ayudan a identificar alguna imperfección o defecto al momento de elaborar un producto u ofrecer un servicio, para así reflejar la eficiencia en el uso de los recursos generales y humanos de la empresa (estos pueden ser cuantitativos y cualitativos).

La presente tesis se enfoca en las máquinas industriales, ante ello se han considerado aquellos indicadores que tengan una relación con las mismas:

- **Productividad de los materiales:** este indicador es necesario para medir el rendimiento de los recursos empleados de los que depende la producción. Por lo general, se considera sólo la materia prima (insumo principal) y algún otro insumo físico que interviene directamente en la producción del proceso productivo.

Fórmula 1. Productividad de los materiales

$$\text{Productividad de los materiales} = \frac{\text{Producción obtenida}}{\text{Insumo empleado}}$$

Fuente: INEGI, 2003.

- **Productividad de la mano de obra:** significa producir más con el mismo número de mano de obra o bien producir la misma cantidad pero utilizando menor mano de obra, de modo que los recursos economizados puedan dedicarse a la producción de otros bienes. Se concibe como la relación existente entre la producción y el aporte correspondiente del trabajo a la misma.

Fórmula 2. Productividad de la mano de obra

$$Productividad\ mano\ de\ obra = \frac{Producción\ obtenida}{Número\ de\ horas - hombre}$$

Fuente: INEGI, 2003.

- **Productividad de la energía:** aumento que se produce en la cantidad de energía cuando se incrementa el número de unidades producidas o cuando las máquinas utilizadas no están debidamente funcionando como debería esperarse en el proceso productivo.

Fórmula 3. Productividad de la energía

$$Productividad\ de\ la\ energía = \frac{Producción\ obtenida}{Cantidad\ de\ energía\ empleada}$$

Fuente: INEGI, 2003.

Las características principales de estos indicadores son:

- Se pueden utilizar para comparar la productividad de la misma industria (antes y después), y también con la de otros competidores, esto es para saber si en la industria se está realizando una buena administración de los recursos.
- Permiten al jefe de producción controlar el desempeño de la industria para detectar algún cambio en la productividad de la misma.
- Pueden usarse para comparar los beneficios relativos que pueden obtenerse con algún cambio en la utilización de los factores de producción. Ejemplo: utilización de diferente materia prima, la compra o arreglo de una máquina.

Finalmente, la productividad total se calcula mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 4. Productividad total

$$Productividad\ total = \sum Total\ de\ indicadores\ de\ productividad$$

Fuente: INEGI, 2003.

Nota: Todos los indicadores de productividad deben estar por unidades monetarias.

2.2.3. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

La efectividad global de los equipos (OEE) de una planta o un proceso productivo desarrollado por Seiichi Nakajima, es el primer abordaje de realidades industriales como sistema complejo (Belohlavek, 2009). Este indicador, forma parte de la línea de investigación de sistemas *lean*, el cual es un sistema integrado socio-tecnológico de mejoramiento de procesos, cuyo objetivo principal es eliminar desperdicios o actividades que no agregan valor al cliente. El OEE, es un indicador de cálculo de la productividad específico para trabajo con máquinas en el que se pueden obtener datos más precisos sobre los problemas existentes.

El OEE sirve para medir la eficiencia productiva de la máquina industrial, por ello es una razón que se emplea para medir el rendimiento y productividad de aquellas líneas de producción en las que la máquina tiene una gran influencia (Cruelles, 2010). La ventaja del OEE frente a otras razones, es que mide en un único indicador todos los parámetros fundamentales de una producción industrial: disponibilidad, rendimiento y calidad. Es decir, es posible saber si lo que falta se ha perdido por disponibilidad (la máquina estuvo cierto tiempo parada), rendimiento (la máquina estuvo funcionando a menos de su capacidad total) o calidad (se ha producido unidades defectuosas). (Cruelles, 2010).

Este indicador se basa en 6 grandes pérdidas: pérdidas de tiempo del mantenimiento, pérdidas de tiempo de la disponibilidad, pérdidas de tiempo ocioso, pérdidas de reducción de la velocidad, pérdidas de tiempo de la calidad, pérdidas de tiempo de rendimiento. El valor del indicador OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o de toda una planta con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. (Cruelles, 2010). (Ver tabla 1).

Tabla 1. Clasificación del indicador OEE

OEE	CALIFICATIVO	CONSECUENCIAS
OEE < 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable sólo si está en proceso de mejora.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Buena competitividad. Entramos ya en los valores del “World Class”.
OEE > 99%	Excelente	Competitividad excelente.

Fuente: Cruelles, 2010.

Algunas de las ventajas de este indicador son:

- Focalizarse en las pérdidas: al referenciar la efectividad de la máquina con el máximo absoluto de disponibilidad, velocidad y calidad, permite conocer dónde se están produciendo las pérdidas.
- Es fácil de entender para el personal de planta: el OEE refleja perfectamente lo que está pasando en planta. Si se tienen muchos problemas, el OEE tendrá valores bajos y sólo se tendrán valores altos cuando raramente suceda algún problema.
- El OEE utiliza el lenguaje y las definiciones que se utilizan en planta, el trabajo diario de los equipos de planta se refleja en el OEE, facilita a las personas ver los efectos de las acciones emprendidas para la mejora.
- La información referida a las pérdidas permite a los equipos de planta iniciar mejoras específicas y enfocadas al problema detectado. Por tanto, dichos equipos pueden influir sobre cada uno de los parámetros que componen el OEE de un modo directo y por tanto guiar el OEE en la dirección correcta.
- Ofrece una calidad en la información: una vez que se ha dejado claro que el OEE no puede ser corrompido, la calidad de la información disponible mejorará cada vez. Esto unido al hecho de implementar mejoras específicas en lugar de buscar al culpable, proporciona un entorno idóneo para crear un ambiente de mejora continua.
- Al ir midiendo el rendimiento diario del operario, este se familiariza con los aspectos técnicos de la máquina y la forma en la que procesa los materiales, focaliza su atención en las pérdidas y empieza a desarrollar un sentimiento más fuerte de propiedad con su máquina.
- Al ir trabajando con los datos del OEE, el supervisor aprende la forma en que sus máquinas procesan los materiales, es capaz de dirigir indagaciones sobre donde ocurren las pérdidas y cuáles son sus consecuencias, es capaz de dar información a sus operarios y a otros empleados implicados en el proceso de mejora continua de las máquinas, es capaz de informar a sus superiores sobre el estado en que se encuentran sus máquinas y los resultados de las mejoras realizadas en ellas.
- El OEE es la mejor métrica disponible para optimizar los procesos de fabricación y está relacionada directamente con los costes de operación.

2.2.3.1. Cálculo del indicador OEE

El OEE resulta de multiplicar las tres razones porcentuales fundamentales de una producción industrial: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

Fórmula 5. Cálculo del OEE

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

Fuente: Belohlavek, 2009.

Dónde:

La disponibilidad: este es el factor más observable.

El rendimiento: representa la propiedad del mantenimiento de acercarse lo más posible a la conservación de la capacidad productiva para alcanzar su capacidad potencial.

La calidad: resulta de comparar la cantidad de bienes o servicios producidos dentro de los parámetros de calidad establecidos con la cantidad total de bienes o servicios producidos en la realidad.

2.2.3.2. Parámetros de medición en el indicador OEE

2.2.3.2.1. Disponibilidad

Incluye: Pérdidas de tiempo productivo por paradas.

La disponibilidad resulta de dividir el tiempo que la máquina ha estado produciendo (tiempo de operación: TO), por el tiempo en que la máquina podría haber estado produciendo. El tiempo que la máquina podría haber estado produciendo (TPO), es el tiempo total menos los períodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos planificados, etc., lo que se denominan paradas planificadas (Cruelles, 2010).

Fórmula 6. Cálculo de la disponibilidad

$$Disponibilidad = (TO / TPO) \times 100$$

Fuente: Cruelles, 2010.

Dónde:

TPO = Tiempo total de trabajo – Tiempo de paradas planificadas

TO = TPO – Paradas y averías

La disponibilidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresarse porcentualmente.

2.2.3.2.2. Rendimiento

Incluye: Pérdidas de velocidad por pequeñas paradas y pérdidas de velocidad por reducción de velocidad.

El rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido durante el tiempo de disponibilidad de la máquina.

La cantidad de piezas que se podrían haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal de la máquina industrial (Cruelles, 2010).

Siendo:

Capacidad nominal: la capacidad de la máquina/línea declarada en la especificación, se denomina también velocidad máxima u óptima equivalente a: rendimiento (máximo/óptimo) de la línea/máquina. Esta capacidad nominal se mide en: número de unidades/hora. Esta capacidad nominal es lo primero que debe ser establecido.

En general, esta capacidad es proporcionada por el fabricante, aunque suele ser una aproximación, ya que puede variar considerablemente según las condiciones en que se opera la máquina o línea. Es mejor realizar ensayos para determinar el verdadero valor.

La capacidad nominal deberá ser determinada para cada producto (Cruelles, 2010), pueden presentarse dos casos:

- a) Existen datos: será el valor máximo especificado en las especificaciones técnicas de la máquina o línea.
- b) No existen datos. Se elige entonces como valor el correspondiente a las mejores 4 horas de un total de 400 horas de funcionamiento.

Fórmula 7. Cálculo del rendimiento

$$\text{Rendimiento} = \frac{N^{\circ} \text{ total de unidades}}{(\text{tiempo de operación} \times \text{capacidad nominal})}$$

Fuente: Cruelles, 2010.

El rendimiento es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresarse porcentualmente.

2.2.3.2.3. Calidad

Incluye: Pérdidas por calidad.

El tiempo empleado de obtención del producto defectuoso en la línea de producción deberá ser estimado y sumado al tiempo de paradas, ya que durante, ese tiempo no se han fabricado productos conformes. Por tanto, la pérdida de calidad implica tres tipos de pérdidas:

- Pérdidas de calidad, igual al número de unidades malas fabricadas.
- Pérdidas de tiempo productivo, igual al tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.
- Tiempo de reprocesado.

Tiene en cuenta todas las pérdidas de calidad del producto. Se mide en tanto por uno o tanto por ciento de unidades no conformes con respecto al número total de unidades fabricadas.

Las unidades producidas pueden ser conformes, buenas, o no conformes, malas o rechazadas. A veces, las unidades no conformes pueden ser reprocesadas y pasar a ser unidades conformes. El OEE sólo considera buenas las que se salen conformes la primera vez, no las reprocesadas. Por tanto las unidades que posteriormente serán reprocesadas deben considerarse rechazos, es decir, malas.

Fórmula 8. Cálculo de la calidad

$$\text{Calidad} = \frac{N^{\circ} \text{ de unidades conformes}}{N^{\circ} \text{ de unidades totales}}$$

Fuente: Cruelles, 2010.

La calidad es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresarse porcentualmente.

El OEE es el mejor indicador disponible para optimizar los procesos de fabricación desde el punto de vista de las máquinas industriales, y está relacionado directamente con los costos de operación. El indicador OEE informa sobre las pérdidas, cuellos de botella del proceso y enlaza la toma de decisiones financiera y el rendimiento de las operaciones de planta, ya que permite justificar cualquier decisión sobre nuevas inversiones. Finalmente, el OEE servirá para complementar los requerimientos de calidad y de mejora continua exigidos por la certificación ISO 9000:2008. (Belohlavek, 2009).

2.2.3.3. Las seis grandes pérdidas

Según Cruelles, 2012; estas pérdidas se basan en:

- **Pérdidas de tiempo del mantenimiento:** el tiempo perdido al mantenimiento planeado o imprevisto se debe capturar bajo pérdida del tiempo del mantenimiento. El mantenimiento previsto puede incluir actividades diarias de tiempo planeado de mantenimiento preventivo, y el mantenimiento imprevisto puede incluir la interrupción ocasionando síntomas anormales.
- **Pérdidas del tiempo de la disponibilidad:** las pérdidas del tiempo de la disposición deben cubrir el tiempo total durante el cual la máquina o el equipo está en la disposición, y no producen piezas. Si un operador tiene que ir y conseguir el papeleo de la orden siguiente o esperarla (o cualquier necesidad de la disposición), debe ser identificada como pérdida de la disponibilidad.
- **Pérdidas de tiempo ocioso:** el tiempo ocioso debe incluir el tiempo durante el cual la máquina no está haciendo productos, y no está en la disposición, ni la causa es que esté en mantenimiento. Las causas típicas son: en espera de materia prima o partes, accesorios o herramientas, espera de la orden u otra información, pérdida por baja moral, condiciones contractuales, etc.
- **Pérdidas de reducción de la velocidad:** las pérdidas de la velocidad explican dos tipos de pérdidas:
 - a) Pérdida debido al índice reducido de la salida de pieza buena, el tiempo se puede capturar por el operador bajo códigos de pérdida.
 - b) Parte del tiempo no disponible que se puede considerar por distracción del operador.
- **Pérdidas de tiempo de la calidad:** las pérdidas de la calidad deben capturar cualquier momento perdido sobre el cual esté trabajando la calidad y se debe tener en cuenta el tiempo transcurrido en producir piezas de mala calidad. Finalmente, también se considera como pérdidas de la calidad las piezas que son re-procesadas.
- **Pérdidas de tiempo de rendimiento:** tiempo perdido en cualquier momento en los acontecimientos inusuales (planeados o imprevistos), debe ser capturado bajo pérdidas de tiempo de rendimiento. Ejemplos: las reuniones no planificadas, los apagones, las evacuaciones de emergencia, los simulacros, las pausas activas, etc.

2.2.4. CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS

No todas las máquinas tienen la misma importancia en una planta industrial, ya que unas son más importantes que otras. Como los recursos de una empresa para mantener una planta es limitado, debemos destinar la mayor parte de los recursos a los equipos más importantes, dejando una pequeña porción a los que menos pueden influir en los resultados de la empresa. (García, 2003).

A continuación, se muestran los criterios que se utilizan para clasificar a cada uno de los principales procesos en una industria que empleen máquinas industriales con sus respectivos factores, estos últimos se detallarán después en el cuadro 1:

- **Producción:** cuando valoramos la influencia que una máquina tiene en producción, nos preguntamos cómo afecta a ésta un posible fallo? Los factores a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas son: factor de velocidad de manifestación de la falla y el factor de costos de la parada de producción.
- **Calidad:** la máquina puede tener una influencia decisiva en la calidad del producto o servicio final. Los factores a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas son: factor de velocidad de manifestación de la falla y el factor de costos de la parada de producción.
- **Mantenimiento:** la máquina puede ser muy problemática, con averías caras y frecuentes, o bien con un coste medio en mantenimiento; o por último, un equipo con muy bajo coste, que no dé problemas. Los factores a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas son: factor de velocidad de manifestación de la falla y el factor de costos de reparación.
- **Seguridad y ambiente:** un fallo en la máquina puede suponer un accidente muy grave, bien para el medio o para las personas, y que además tenga cierta probabilidad de fallo. Es posible también que un fallo de la máquina pueda ocasionar un accidente, pero la probabilidad que eso ocurra pueda ser baja; o por último, puede ser una máquina que no tenga ninguna influencia en seguridad. El factor a considerar para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas es: factor de seguridad del personal y ambiente.

Cuadro 1. Factores para el diagnóstico de la criticidad de las máquinas

Factores:	Factor de velocidad de manifestación de la falla	Factor de seguridad del personal y ambiente	Factor de costos de la parada de producción	Factor de costos de reparación
Descripción:	Es el tiempo que puede transcurrir entre el momento en que se detecta la falla potencial y el momento en que se transforma en falla funcional.	Evalúa las consecuencias que la falla podría ocasionar sobre las personas y su impacto sobre el ambiente.	Permite establecer criterios para la categorización de las máquinas conforme a las consecuencias sobre el proceso de producción.	Se clasificará de acuerdo al criterio de Pareto las fallas de acuerdo con los costos directos de reparación.
Escala:	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Muy corto, no da tiempo para detener la máquina. Ponderación: 100% ➤ Corto, es posible detener la máquina. Ponderación: 50% ➤ Suficiente, es posible programar la intervención. Ponderación: 20% 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Sin consecuencia. Ponderación: 0% ➤ Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente. Ponderación 30%. ➤ Efecto temporal sobre personas y ambiente. Ponderación: 80%. ➤ Efecto irreversible sobre las personas. Ponderación: 80% ➤ Efecto irreversible sobre personas y ambiente. Ponderación: 100% 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ No implica demora en la entrega. Ponderación: 0% ➤ Implica demora de corto tiempo en la entrega. Ponderación: 60% ➤ Implica demora y pérdida de clientes. Ponderación: 100% 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A: la máquina pertenece al grupo del 80% del total de estos costos. Ponderación: 100%. ➤ B: la máquina pertenece al grupo del 15% del total de estos costos. Ponderación: 50% ➤ C: la máquina pertenece al grupo del 5% del total de estos costos. Ponderación: 15%

Fuente: Valderrama, 2003.

Elaboración: Propia. 2014.

2.2.4.1. Matriz de criticidad

Para el cálculo de la criticidad de las máquinas, se tiene que construir una matriz la cual se relacionarán las máquinas con los factores presentados en el cuadro 1. Para la relación, se pondrán la ponderación de 1 en cada escala de acuerdo al factor y se procederá al cálculo de la matriz mediante la siguiente fórmula:

Fórmula 9. Cálculo de la criticidad de las máquinas

$$\text{Máquina } x = (\sum \text{escala} \times \text{ponderación de escala}) \times \text{ponderación general}$$

Fuente: Valderrama, 2003.

La ponderación general se realiza a cada factor según la escala y la suma de todas las ponderaciones generales debe dar 100%. El cálculo de la matriz de criticidad se explicará mejor en el inciso 3.2.1., para así saber qué máquinas industriales del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas son de mayor importancia en el proceso productivo.

III. RESULTADOS

3.1. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA EMPRESA

3.1.1. LA EMPRESA

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. está ubicada en la calle Mórrope N° 186 - José Leonardo Ortiz, iniciando sus labores en el año 2008 y siendo una empresa con producción de tipo intermitente (por lotes), dedicada a la fabricación de productos metálicos para uso estructural tales como cajas porta-medidor de energía, tableros de distribución, moldes metálicos, entre otros. Dentro de los mismos, la caja porta-medidor de energía es el producto de mayor demanda en la empresa (ver tabla 7), y para su proceso de producción la empresa utiliza como materia prima las planchas de acero inoxidable y emplea 29 máquinas entre industriales y manuales, distribuidas de la siguiente manera: 1 máquina cortadora, 2 máquinas guillotinas y 1 máquina plegadora (YSD) dispuestas en el área de servicio; 4 máquinas dobladores manuales en el área de doblado; 12 máquinas prensadoras de las cuales 1 es hidráulica, 2 son neumáticas y 9 son mecánicas ubicadas en el área de prensado; 9 máquinas de soldadura de las cuales 5 máquinas son de soldadura punto y 4 máquinas de soldadura Mig Mag (ambas manuales) en el área de soldadura; dichas máquinas son operadas de los 30 operarios de la planta por 17 operarios fijos que trabajan de lunes a viernes en horario partido de 5 horas en la mañana y 4 horas por la tarde, y los sábados 6 horas.

La mayor demanda de este producto la generan 4 clientes importantes, que son empresas de distribución eléctrica del Grupo Distriluz, conformado por Electrocentro S.A. cuya sede principal está en la ciudad de Huancayo, Electronorte S.A. cuya sede principal está en la ciudad de Chiclayo, Electronoroeste S.A. cuya sede principal está en la ciudad de Piura, y por último Hidrandina S.A. cuya sede principal está en la ciudad de Trujillo. Para las cuales, el producto tiene un precio de venta de S/.22,70 nuevos soles. La otra parte de la demanda está dada por clientes esporádicos que son empresas contratistas del sector eléctrico, tales como Sigma S.A., la cual hace su pedido una vez al año, y para el cual el producto se vende a S/.25,00 nuevos soles.

3.1.1.1. Misión

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., busca proporcionar a sus clientes productos de calidad creando una rentabilidad creciente y sostenible para la empresa y a sus empleados la posibilidad de desarrollar sus habilidades.

3.1.1.2. Visión

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., tiene como visión al año 2018, ser una industria líder, confiable y rentable en el sector metal metálico, ofreciendo productos y servicios de óptima calidad.

3.1.1.3. Localización geográfica



Figura 2. Ubicación de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

Fuente: Google Earth. 2015.

3.1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

3.1.2.1. Descripción del Producto principal

La caja porta-medidor de energía monofásica (ver anexo 1), es un producto que permite la protección y sostén del medidor de energía monofásico, el cual es utilizado para las conexiones monofásicas, que alimentan potencias inferiores a 6Kw. Este tipo de conexión cuenta con dos cables de ingreso. (Distriluz, 2010).

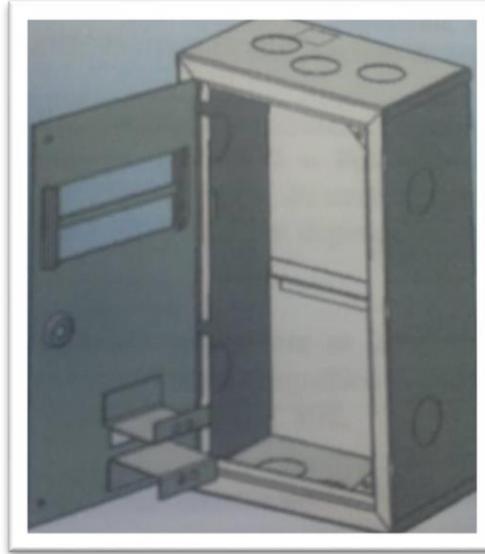


Figura 3. Caja porta-medidor de energía monofásica de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. 2014.

3.1.2.2. Descripción del Proceso productivo de las Cajas porta-medidores de energía monofásicas

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se realiza el siguiente proceso productivo (ver diagrama 5 y 6) para cada uno de los elementos de la caja porta-medidor de energía monofásica:

- a) **Cuerpo:** llegan las planchas de acero a la fábrica, donde se obtienen por plancha 5 láminas para cuerpos, a lo que se le denomina habilitado en tiras de cuerpo. Estas tiras de acero se llevan a un tronzado de cuerpo a medida, luego se realiza simultáneamente el perforado de puesta tierra cuerpo, despunte para el alojamiento de bisagras, despunte de zigzag cuerpo, y el semicortado de cuerpo realizado por prensas. Después es llevado a un perfilado, luego es soldada la bocina y el pasacables, la platina, seguido se realiza el dobléz de cuerpo en U en la máquina plegadora YSD, posteriormente se realiza el soldado de porta-madera, de cuerpo y costados, de autógena con costados, soldado de uñas porta-maderas,

soldado de esquineros, soldado de bisagras en cuerpo y tapas. Luego se hace el acomodado de cajas, para después realizar la perforación de esquineros.

- b) **Costados:** este elemento se realiza en paralelo que el cuerpo. Primero se hace un habilitado en tiras de tapas, por plancha de acero se obtienen 15 tapas, para ser llevado al tronzado de costados. Después pasa al despunte zigzag, se realiza un prensado de semicortado y logotipo, luego es perfilado y se hace el doblado de lado largo y corto.
- c) **Tapa:** comienza con el habilitado en tiras de tapas, para luego pasar al tronzado de tapas, el troqueado de visor y alojamiento de corredizos, luego se realiza un rolado de tapa, se efectúa un embutido de alojamiento de precinto forza y de esquineros. Esto pasa a soldado de porta-vidrio, de sombreros a los cascos y de cascos y de porta-omega, de uña para corredizo y de omegas con riel din.
- d) **Bocina de bisagra, pasacable, platina, porta madera y porta vidrio:** en paralelo se realizan estos elementos. Primero se realiza el tronzado de bocina de bisagra, para luego efectuar los dobles del mismo. Luego se hace el tronzado de pasacables y los dobles de del mismo. Realizamos un habilitado y un perforado de platina, hacemos un roscado de platina en cajas y por último el doblado en L de platina. Se realiza el habilitado de porta-madera, posteriormente un tronzado a medida de porta-madera, para luego hacer un embutido. Finalmente se hace un habilitado en tiras de porta-vidrios y una silueta de porta-vidrios.
- e) **Cascos, sombreros, porta-omega, omegas y riel din:**
 - Realizamos un habilitado en tiras de cascos, luego un tronzado con la ayuda de la prensa, una silueta en cascos y efectuamos embutidos en cascos.
 - Hacemos un habilitado en tiras de sombreros, una silueta de sombreros, embutidos de sombreros y para concluir un enderezado del mismo.
 - Habilidadado en tiras de porta-omega, un tronzado y perforado de porta-omega y el embutido de porta-omega.
 - Habilidadado en tiras de omega, un tronzado y perforado de omega y un embutido de omega.
 - Habilidadado de riel din, un tronzado a medidas riel din con la ayuda de la prensa y un embutido de riel din.

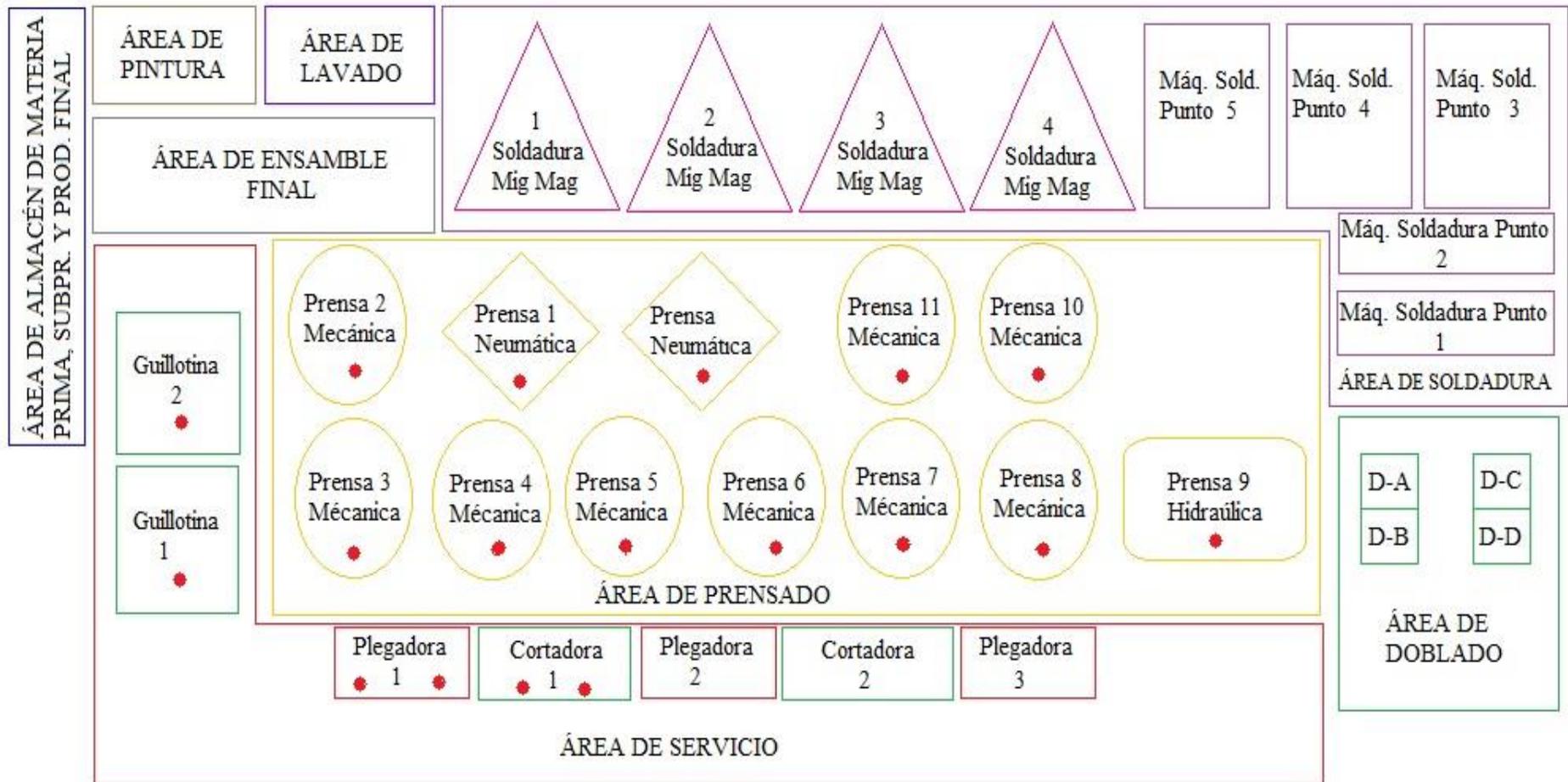
f) Uñas porta-madera, corredizos, uñas para corredizos, esquineros y bisagras:

- Hacemos un tronzado de uñas porta-madera, seguida de un doblado en L, efectuamos una habilitado en tiras de corredizos, una silueta de corredizo y un embutido.
- Efectuamos un tronzado de esquineros. Finalmente realizamos un tronzado de bisagras, un doblado L, posteriormente un doblado curvo y para terminar un martillado de bisagras.

3.1.2.3. Descripción de las Máquinas industriales utilizadas en el Proceso productivo

Se considera máquina industrial a aquellas que se utilizan en la industria de cualquier tipo de producto y de productividad igual, estas máquinas son capaces de hacer, maquilar o producir grandes cantidades del producto que se vende. También se utilizan para trabajos muy pesados cuando un empleado no pueda hacerlo por mano propia o en las que interviene para ensamblar, cortar o pegar cualquier tipo de material en cantidades industriales; es decir cantidades que son muy grandes y se necesita muy poco tiempo para realizar la acción (Gresham, Totten, 2009).

Para la descripción de las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, primero se identificaron las máquinas a estudiar, para ello se elaboró un diagrama que muestra la distribución física de las máquinas industriales por cada área de producción (ver figura 4), y posteriormente se identificaron sólo las máquinas industriales utilizadas en dicho proceso productivo (ver tabla 2). Además, se determinó la cantidad de operarios que se requieren por cada área de producción para este proceso productivo, así como por cada máquina industrial para el funcionamiento de las mismas. Esta recopilación de información es importante para familiarizarse con el lugar físico de la industria metálica y con las personas que trabajan en él, ya que se incluirán en etapas posteriores para el registro de datos relevantes utilizados en los cálculos del OEE. (Ver anexo 2).



Nota: Los puntos de color rojo representan a los operarios.

Figura 4. Distribución física de las máquinas industriales

Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., 2014

Elaboración: Propia. 2014

Tabla 2. Máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Maquina industrial	Etapa del proceso productivo
YSD	Formado de cuerpo
Guillotina 1	Formado de cuerpo, tapas
Guillotina 2	Costados, portamaderas
Prensa 1	Costados, tapas, cascós
Prensa 2	Bocina de bisagras, platinas, portavidrios, cascós, omegas, riel din,
Prensa 3	Costados, portavidrios
Prensa 4	Costados
Prensa 5	Formado de cuerpo
Prensa 6	Formado de cuerpo, tapas, cascós
Prensa 7	Formado de cuerpo, portamaderas, tapas, portaomegas, uñas para corredizo
Prensa 9 (perfiladora)	Formado de cuerpo, costados
Prensa 10	Formado cuerpo, sombreros,
Prensa 11	Sombreros, corredizos
Prensa 12 (schuler)	Bocina de bisagras, portaomegas, uñas para corredizo, omegas, riel din, corredizos

Fuente: Área de Producción de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.
Elaboración: Propia. 2014.

Seguidamente, se definió las máquinas industriales utilizadas para el proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía monofásicas:

- Máquina cortadora 1: máquina industrial que se utiliza generalmente para el habilitado para cualquier pieza metálica.
- Máquina plegadora (YSD): máquina industrial que se utiliza generalmente para el doblado de cualquier pieza metálica.
- Guillotina 1 y 2: máquina industrial que se utiliza para tronzar o cortar partes de una pieza metálica.
- Prensa hidráulica (perfiladora): máquina industrial que sirve para el doblado de piezas metálicas, a partir de un mecanismo conformado por pistones que ejercen presión.
- Prensa mecánica: máquina industrial que deforma materiales mediante la aplicación de presión.
- Prensa neumática 1 y 12 (ambold y schuler): estas son controladas por la manipulación de aire a presión, este aire hace que la prensa se desplace hacia abajo.

A continuación, se detallan las especificaciones técnicas de las máquinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas:

➤ Área de prensado:

Tabla 3: Máquinas industriales del área de prensado

Máquina	Serie	Potencia	Voltaje	Año de adquisición
Prensa 1	EV234	5 Hp	500V	2008
Prensa 2	EV345	2 Hp	380 V	2008
Prensa 3	EV281	3 Hp	260 V	2010
Prensa 4	EV319	3 Hp	260 V	2009
Prensa 5	EV301	1 Hp	240 V	2010
Prensa 6	EV293	4,5 Hp	260 V	2010
Prensa 7	EV367	4 Hp	320 V	2008
Prensa 9	EV255	2 Hp	360 V	2008
Prensa 10	EV278	3 Hp	260 V	2009
Prensa 11	EV311	2 Hp	260 V	2011
Shuler	EV510	7 Hp	250 V	2009

Fuente: Elaboración propia. 2014.

➤ Área de servicio:

Tabla 4. Máquinas industriales del área de servicio

Máquina:	Máquina cortadora 1	Máquina plegadora (YSD)	Guillotina 1	Guillotina 2
Serie:	M3536	120343	BR345	BR424
Potencia:	3 Hp	7,5 Hp	2 Hp	3 Hp
Voltaje:	220 V	220 V	-----	-----
Fuerza:	-----	1000 KN	-----	-----
Frecuencia:	60 Hz	60 Hz	-----	-----
Año de adquisición:	2008	2008	2008	2010

Fuente: Elaboración propia. 2014.

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., existe un mantenimiento global a todas las máquinas los días sábados de 1 pm a 3 pm. Así mismo durante la jornada laboral se hacen labores de limpieza, lubricación o verificaciones de aquellas máquinas industriales que necesiten de una parada dentro del proceso productivo, para su mantenimiento planificado. También, existen paradas que no están no están planificadas, las cuáles ocasionan un mayor tiempo de paradas (de las cuales la industria metálica tiene cierta noción sobre ellas pero son desapercibidas porque están siendo consideradas poco a poco dentro del proceso productivo, lo cual es un error). (Ver anexo 3).

Tabla 5. Tiempo de paradas de producción por cada máquina industrial para un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas

Máquina industrial	Fecha	Etapas del proceso productivo	Tiempo total	Tiempo total en horas	Total (horas)
YSD	07/08/2013	Cuerpos	00:42:02	0,70	1,34
	08/08/2013		00:38:19	0,64	
Guillotina 1	04/08/2013	Cuerpos	00:35:58	0,60	1,24
	05/08/2013		00:24:16	0,40	
	16/08/2013	Tapas	00:14:10	0,24	
Guillotina 2	06/08/2013	Portamaderas	00:34:08	0,57	1,72
	04/08/2013	Costados	00:34:22	0,57	
	05/08/2013		00:34:40	0,58	
Prensa 1	06/08/2013	Costados	00:32:17	0,54	2,57
	07/08/2013		00:27:22	0,46	
	15/08/2013	Tapas	00:20:48	0,35	
	17/08/2013		00:21:24	0,36	
	17/08/2013	Cascos	00:20:53	0,35	
19/08/2013	00:31:36		0,53		
Prensa 2	05/08/2013	Bocina de bisagras	00:42:32	0,71	3,52
	04/08/2013	Platinas	00:17:52	0,30	
	15/08/2013	Portavidrios	00:26:12	0,44	
	15/08/2013		00:25:38	0,43	
	16/08/2013	Cascos	00:36:52	0,61	
	17/08/2013	Omegas	00:30:49	0,51	
18/08/2013	Riel din	00:31:11	0,52		
Prensa 3	04/08/2013	Costados	00:36:38	0,61	2,15
	05/08/2013		00:32:56	0,55	
	05/08/2013		00:16:20	0,27	
	15/08/2013	Portavidrios	00:43:09	0,72	
Prensa 4	06/08/2013	Costados	00:35:25	0,59	1,29
	06/08/2013		00:23:19	0,39	
	07/08/2013		00:18:56	0,32	
Prensa 5	05/08/2013	Cuerpos	00:29:53	0,50	0,98
	05/08/2013		00:28:55	0,48	
Prensa 6	05/08/2013	Cuerpos	00:58:34	0,98	4,59
	05/08/2013		00:27:38	0,46	
	15/08/2013	Tapas	00:36:05	0,60	
	16/08/2013		00:40:15	0,67	
	16/08/2013	Cascos	00:49:35	0,83	
	16/08/2013		00:36:12	0,60	
17/08/2013	00:27:08	0,45			
Prensa 7	05/08/2013	Cuerpos	00:28:09	0,47	4,47
	05/08/2013		00:24:09	0,40	
	06/08/2013	Portamaderas	00:44:15	0,74	
	14/08/2013	Tapas	00:26:48	0,45	
	15/08/2013		00:22:14	0,37	
	14/08/2013	Portaomegas	00:26:18	0,44	
	14/08/2013		00:23:53	0,40	
	15/08/2013		00:27:01	0,45	
	15/08/2013	Uñas para corredizo	00:23:44	0,40	
15/08/2013	00:21:38		0,36		
Prensa 9	04/08/2013	Cuerpos	00:23:22	0,39	2,93
	05/08/2013		00:34:47	0,58	
	08/08/2013	Costados	00:22:49	0,38	
	09/08/2013		00:48:58	0,82	
	11/08/2013		00:45:57	0,77	
Prensa 10	05/08/2013	Cuerpos	00:57:44	0,96	1,82
	07/08/2013		00:16:42	0,28	
	15/08/2013		Sombremos	00:34:52	
Prensa 11	15/08/2013	Sombremos	00:22:44	0,38	0,67
	18/08/2013	Corredizos	00:17:37	0,29	
Prensa 12	06/08/2013	Bocina de bisagras	00:31:55	0,53	4,62
	16/08/2013	Portaomegas	00:29:25	0,49	
	17/08/2013		00:29:21	0,49	
	17/08/2013	Uñas para corredizo	00:21:01	0,35	
	18/08/2013	Omegas	00:29:18	0,49	
	19/08/2013		00:26:02	0,43	
	18/08/2013		Riel din	00:52:36	
19/08/2013	Corredizos	00:57:21	0,96		

Fuente: Área de mantenimiento de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

Elaboración: Propia. 2014.

Según los tiempos de paradas de producción en la tabla 5, las máquinas industriales con un mayor paro en el proceso productivo son la prensa 12, prensa 6, prensa 7, prensa 2. Sin embargo, estos tiempos no reflejan lo que realmente pueda estar pasando con todas las máquinas industriales, porque como se mencionó anteriormente la industria metálica tiene cierta noción de los paros no planificados (es decir no los tiene identificados en su totalidad), por ello una parte de estos tiempos de paro de producción están dentro de los planificados.

Por ejemplo, la prensa 12 es la máquina industrial que obtuvo un mayor tiempo de paro de producción de 4,62 horas para un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, lo cual nos hace pensar que esta máquina industrial debe tener una mayor prioridad; sin embargo, como se observa en la tabla 5, una gran parte de este tiempo de parada de producción es el resultado de que dicha máquina funciona en otras etapas del proceso productivo, además no sabemos si ésta cuenta con la misma importancia que otras en la industria metálica y finalmente, quizá parte de la mayoría de ese tiempo de parada de producción de la prensa 12 esté dentro de los paros planificados y no de los no planificados.

Por ello en la presente tesis se analizará primero la criticidad de las máquinas para lograr saber cuáles tienen una mayor importancia en el proceso productivo y posteriormente calcular el OEE (previamente a este cálculo se identificará los paros planificados y no planificados dentro del proceso productivo), para así corroborar en conjunto mediante el primer análisis cuáles son las máquinas industriales a las que se les debe poner un mayor énfasis.

Con respecto a los repuestos de las máquinas industriales, en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. el ingeniero mecánico se encarga de realizar los pedidos al área de almacén y estos realizan la debida cotización. Por lo general, no existe falta de repuestos en la industria porque cada vez que se emplea alguno de ellos, se vuelve a pedir inmediatamente el utilizado (de ser un repuesto muy poco utilizado, el ingeniero mecánico deberá comunicar al área de almacén cuando este ya esté por despreciarse mediante un seguimiento corroborado por él mismo).

Finalmente, en el cuadro 2 se muestran las funciones que cumplen cada máquina industrial en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas:

Cuadro 2. Funciones que cumplen las máquinas industriales en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

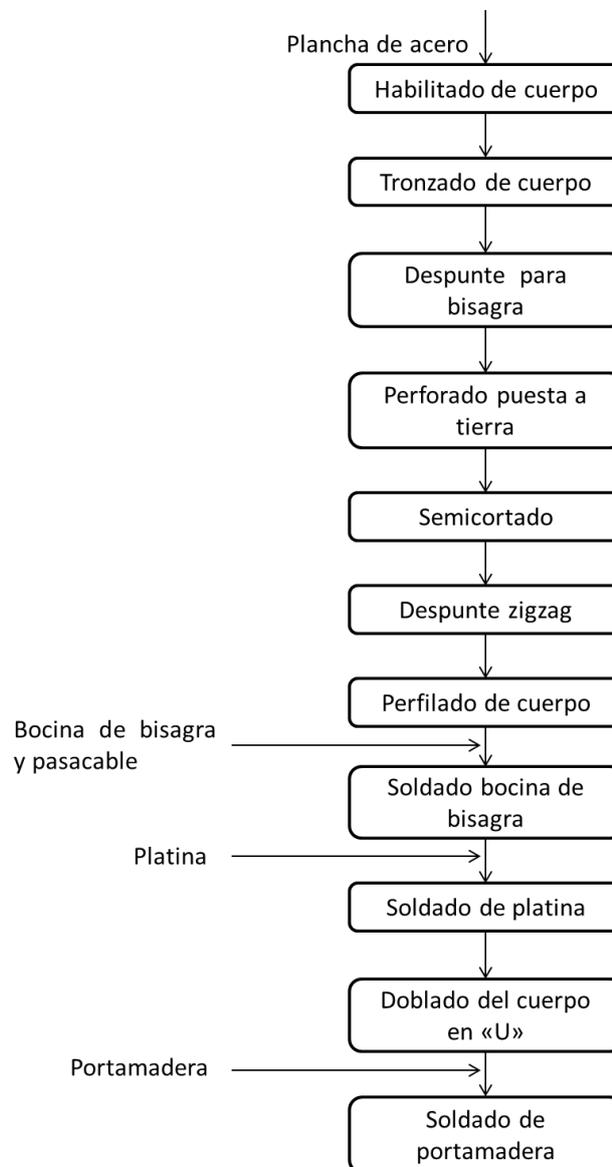
PROCESO PRODUCTIVO DE CAJAS PORTAMEDIDORES DE ENERGÍA MONOFÁSICAS					
CUERPOS		COSTADOS		TAPAS	
PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA
Habilitado en tiras de cuerpo	Máquina cortadora 1	Habilitado en tiras de costados	Máquina cortadora 1	Habilitado en tiras de tapas	Guillotina 1
Tronzado de cuerpo a medida	Guillotina 1	Tronzado de costados	Guillotina 2	Tronzado de tapas	Prensa 6
Despunte para alojamiento de bisagras	Prensa 5	Despunte zigzag costados	Prensa 3	Troqueado de visor y alojamiento de corredizo	Prensa 1 - neumática (Ambold)
Perforado de puesta tierra cuerpos	Prensa 6	Despunte de esquina de costado	Prensa 4	Rolado de tapa	-----
Semirecortado de cuerpo	Prensa 7	Prensado de semicortado y logotipo	Prensa 1 - neumática (Ambold)	Embutido de alojamiento de precinto fuerza	Prensa 6
Despunte de zigzag cuerpo	Prensa 10	Perfilado de costados	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	Embutido de esquineros	Prensa 7
Perfilado de cuerpo	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	Doblado lado largo de costados	-----	Soldado de portavidrios	-----
Soldado de bocina y pasacables	-----	Doblado Lado chico de costados	-----	soldadura de sombreros a los cascos	-----
Soldado platina	-----			Soldado de cascos y portaomega	-----
Doble de cuerpo U	YSD			Soldadura de uña para corredizo	-----
Soldado de portamadera	-----			Soldado de omegas con riel din	-----
Soldadura de cuerpo y costados	-----				
Soldado de autogena con costados	-----				
Soldado de uñas portamadera	-----				
Soldado esquineros	-----				
Soldado de bisagras en cuerpo, tapas	-----				
Acomodado de cajas	-----				
Perforación de esquineros	-----				
BOCINA DE BISAGRAS		PASACABLES		PLATINAS	
PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA
Tronzado de bocina de bisagra	Prensa 2	Tronzado de pasacable	-----	Habilitado y perforado de platina	Prensa 2
Doble de bocina de bisagra	Prensa neumática (Shuler)	Dobles de pasacable	-----	Roscado de platina en cajas	-----
				Doblado L de platina	-----
PORTA MADERAS		PORTA VIDRIOS		CASCO	
PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA
Habilitado de portamadera	Guillotina 2	Habilitado en tiras de portavidrios	Máquina cortadora 1	Habilitado en tiras cascos	Máquina cortadora 1
Tronzado a medida de portamadera	-----	Siluetas de portavidrios	Prensa 3	Tronzado de cascos	Prensa 2
Embutido de portamadera	Prensa 7	Embutido de portavidrios	Prensa 2	Siluetas en cascos	Prensa 6
				Embutidos de cascos	Prensa 1 - neumática (Ambold)
SOMBREROS		PORTA OMEGAS		OMEGAS	
PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA
Habilitado en tiras de sombreros	Máquina cortadora 1	Habilitado en tiras de portaomegas	Máquina cortadora 1	Habilitado en tiras de omegas	Máquina cortadora 1
Siluetas de sombreros	Prensa 11	Tronzado y Perforado de portaomegas	Prensa 7	Tronzado y Perforado de omegas	Prensa 2
Embutido de sombrero	Prensa 10	Embutido de portaomegas	Prensa neumática (Shuler)	Embutido de omegas	Prensa neumática (Shuler)
Enderezado de sombrero	-----				
RIEL DIN		UÑAS PORTAMADERAS		CORREDIZOS	
PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA
Habilitado en tiras de riel din	Máquina cortadora 1	Tronzado de uñas portamadera	-----	Habilitado en tiras de corredizo	Máquina cortadora 1
Tronzado a medidas riel din	Prensa 2	Doblado L de uñas portamadera	-----	Siluetas de corredizo	Prensa 11
Embutido riel din	Prensa neumática (Shuler)			Embutido de corredizo	Prensa neumática (Shuler)
UÑA PARA CORREDIZOS		ESQUINEROS		BISAGRAS	
PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA	PROCESO	MÁQUINA UTILIZADA
Habilitado en tiras de uña de corredizo	Máquina cortadora 1	Tronzado de esquineros	-----	Tronzado de bisagras	Prensa 3
Siluetas de uña corredizo	Prensa 7			Doblado L de bisagras	Prensa 4
Embutido de uña de corredizo	Prensa neumática (Shuler)			Doblado curvo de bisagras	Prensa 10
				Martillado de bisagras	-----

Fuente: Elaboración propia. 2014.

3.1.2.4. Análisis del Proceso productivo

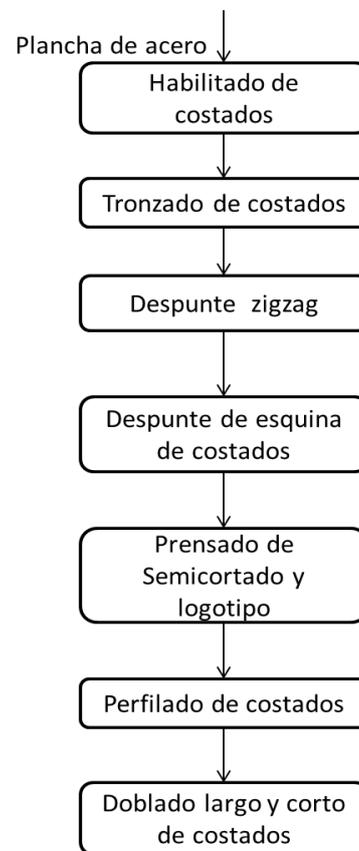
Para el análisis del proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía se ha determinado realizar un diagrama de flujo del proceso productivo (ver diagrama 1, 2, 3 y 4), así mismo un diagrama de operaciones (DOP) y análisis (DAP) del proceso productivo (ver diagrama 5 y 6 respectivamente) para determinar el porcentaje de actividades productivas e improductivas del mismo en base a un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas.

Diagrama 1. Flujo del proceso de cuerpos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



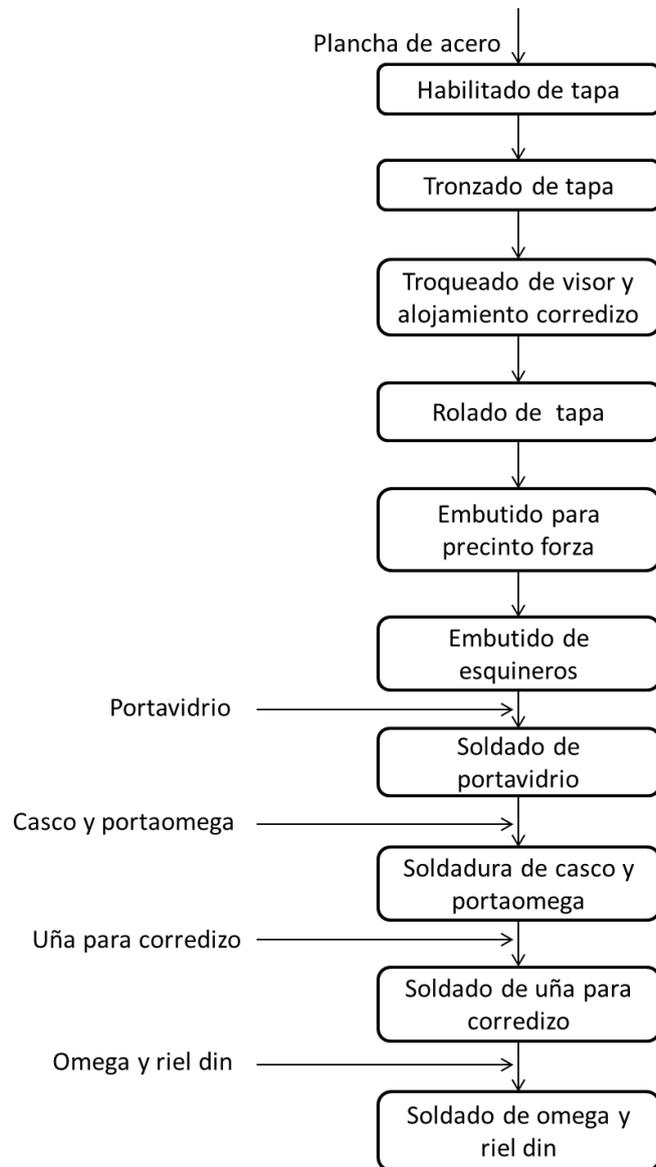
Fuente: Elaboración propia. 2014.

Diagrama 2. Flujo del proceso de costados del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



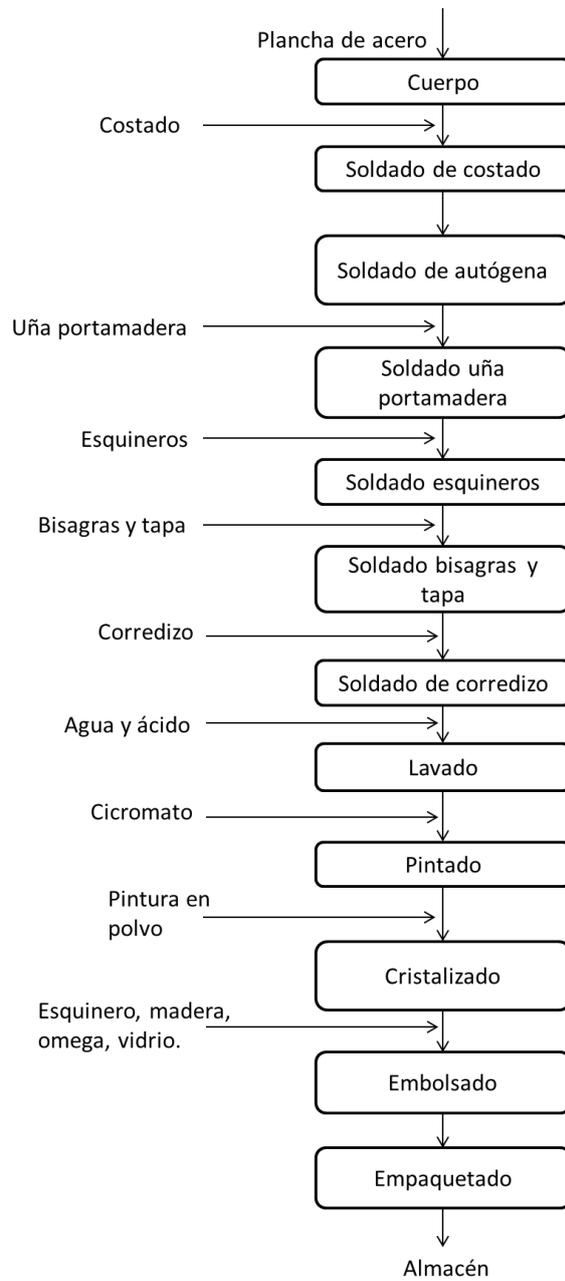
Fuente: Elaboración propia. 2014.

Diagrama 3. Flujo del proceso de tapas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



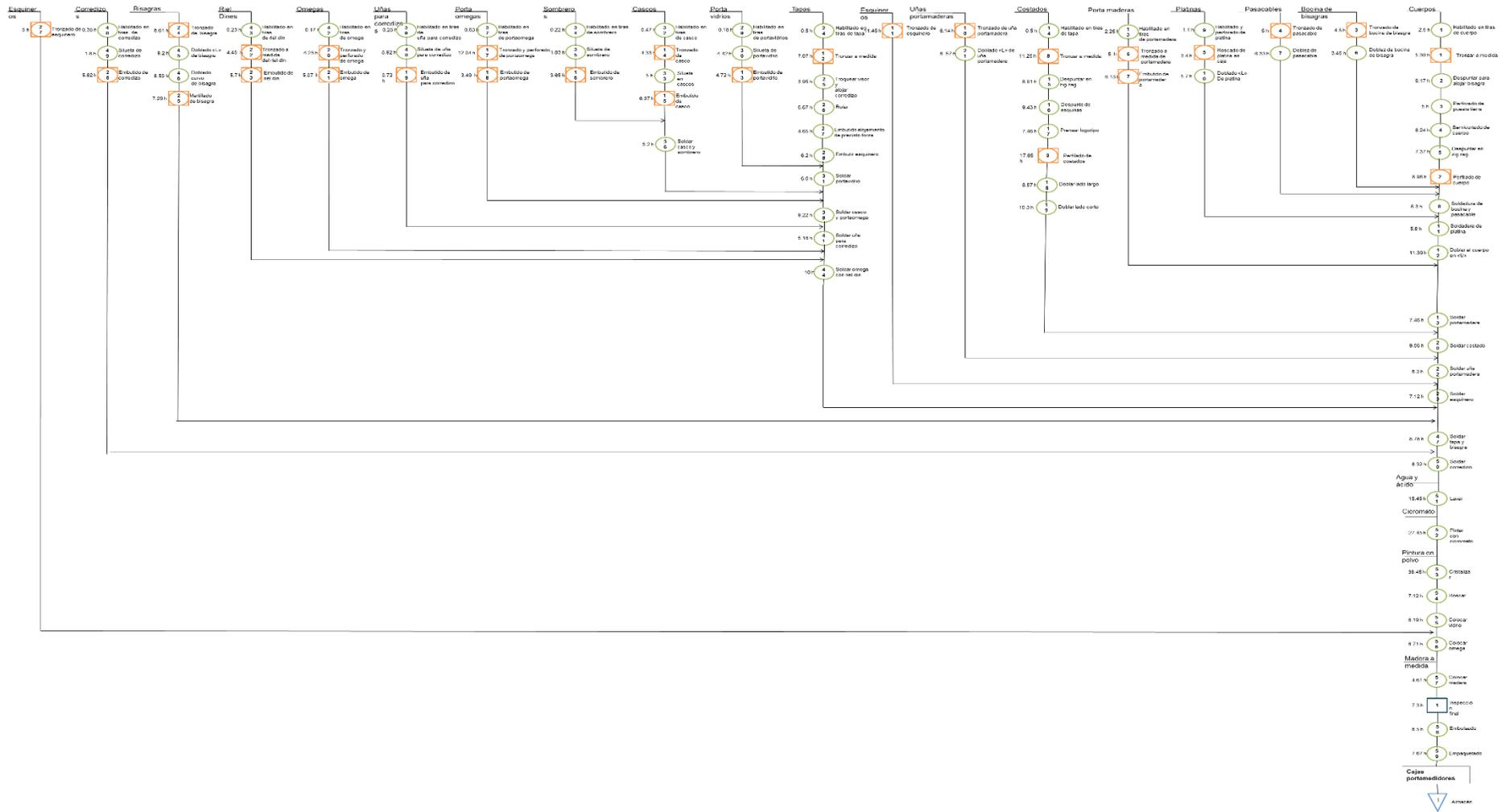
Fuente: Elaboración propia. 2014.

Diagrama 4. Flujo del proceso del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



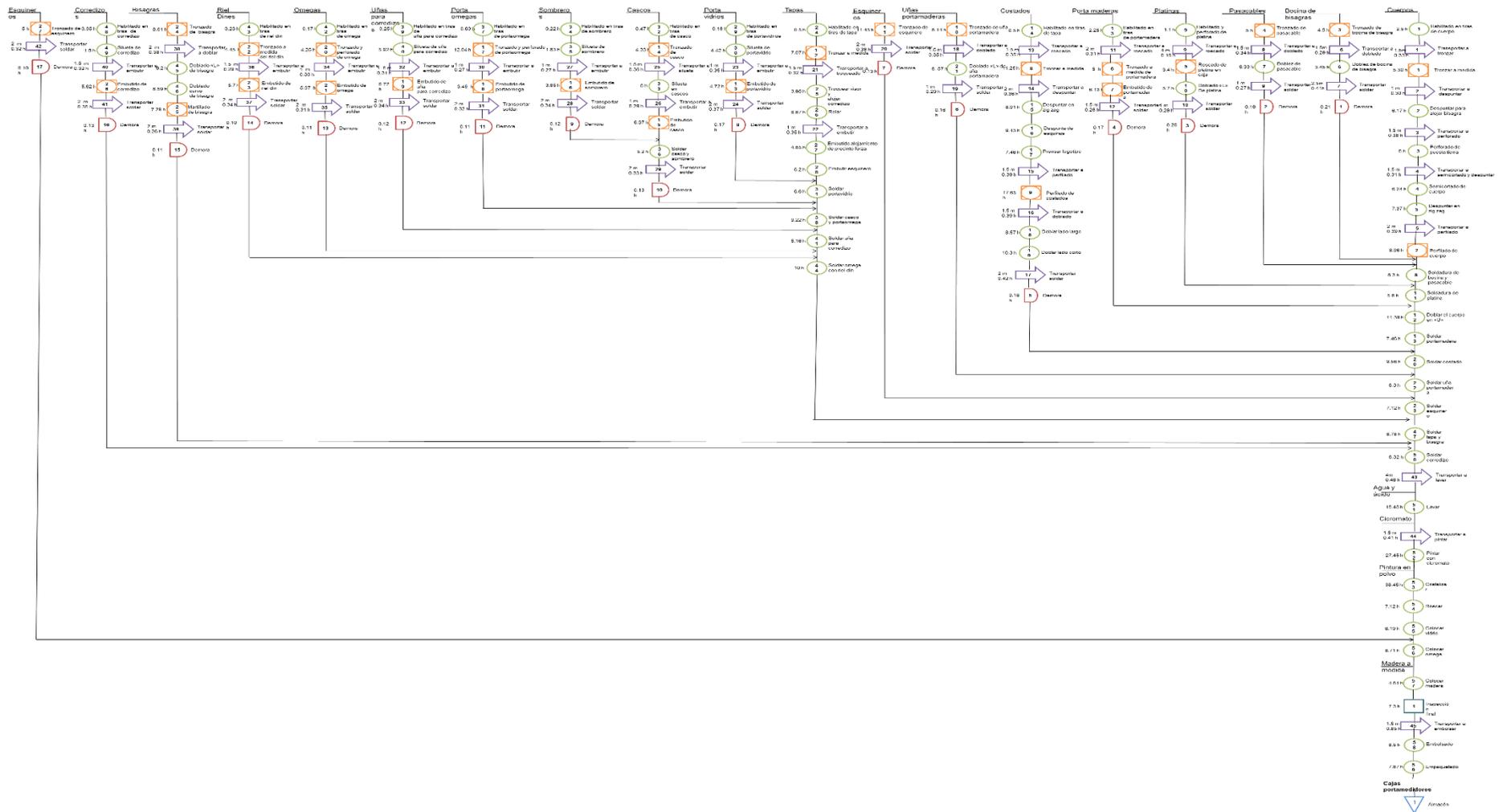
Fuente: Elaboración propia. 2014.

Diagrama 5. Diagrama de operaciones (DOP) del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



Fuente: Elaboración propia. 2014.

Diagrama 6. Diagrama de actividades (DAP) del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



Fuente: Elaboración propia. 2014.

Dónde:

Cuadro 3. Cuadro resumen del DAP

SIMBOLO	ACTIVIDAD	CANTIDAD	TIEMPO	METROS
	Operación	59	442,5h	-----
	Inspección	1	7,3h	-----
	Operación e inspección	27	182h	-----
	Transporte	45	13,6h	63,5m
	Demora	17	2,44h	-----
	Almacén	1	-	-----
	Total	150	648,84h	

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 6. Porcentaje de actividades productivas e improductivas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

ACTIVIDADES	PORCENTAJE
Productivas	97,37 %
Improductivas	2,63 %

Fuente: Elaboración propia. 2014.

3.1.2.5. Indicadores actuales de Productividad

Se ha considerado aquellos indicadores mencionados en el inciso 2.2.2.1, en base a un pedido de producción de 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, cabe resaltar que la industria metálica produce lotes de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, por ello que los indicadores actuales de productividad son los siguientes:

➤ **Productividad de los materiales:**

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se obtienen 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 19 días a partir de 211 planchas de acero inoxidable (insumo que interviene directamente en el proceso). Ambos valores están estandarizados en la industria metálica, por lo tanto la productividad de los materiales será igual a:

$$Productividad\ del\ material = \frac{8\ 000\ cajas\ porta - medidores}{844\ planchas\ de\ acero\ inoxidable}$$

$$Productividad\ del\ material = 9,478 \frac{cajas\ porta - medidores}{plancha\ de\ acero\ inoxidable}$$

Esto indica que se producen en promedio unas 9 cajas porta-medidores de energía monofásicas por plancha de acero inoxidable en un periodo de 76 días.

➤ **Productividad de la mano de obra:**

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se obtienen 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 19 días en jornadas laborales de 9 horas diarias con un total de 17 operarios laborando a lo largo de este periodo, por lo tanto la productividad de la mano de obra será igual a:

$$\text{Productividad de la mano de obra} = \frac{2\,000 \text{ cajas porta-medidores}}{9 \text{ horas} - 17 \text{ hombres}}$$

$$\text{Productividad de la mano de obra} = 52,28 \frac{\text{cajas porta-medidores}}{\text{hora-hombre}}$$

Esto indica que se producen en promedio 52 cajas porta-medidores de energía monofásicas por cada hora trabajada por parte del operario (hombre) en un periodo de 76 días.

Además, si los mismos trabajadores llegan a producir igual número de cajas o más cajas porta-medidores de energía monofásicas en un menor o mismo tiempo laborado respectivamente, indicará que fueron más productivos.

➤ **Productividad de la energía:**

Como la presente tesis está enfocada sólo a las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía, se ha tomado en cuenta sólo la cantidad de energía empleada (Jules) de estas máquinas industriales.

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., para la obtención de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en un periodo de 19 días, se han utilizado un total de 872,16 Kwh es decir un total de 3 139 776 000 J (ver anexo 4).

$$\text{Productividad energía} = \frac{2\,000 \text{ cajas porta-medidores}}{3\,139\,776\,000 \text{ J}}$$

$$\text{Productividad energía} = 6,37 \times 10^{-7} \frac{\text{cajas porta-medidores}}{\text{J}}$$

Esto indica que por cada Jule de energía utilizado se obtienen en promedio 0,000 000 637 cajas porta-medidores de energía monofásicas en un periodo de 76 días, para lo cual podemos decir que 1 caja porta-medidor se obtiene cada 1 569 888 Jules.

Posteriormente, tanto la eficiencia física como económica en un proceso productivo es muy importante, ya que toda empresa posee recursos limitados por lo que es indispensable producir mayores resultados con o un insumo dado, o sea, operar con una alta eficiencia.

La eficiencia física viene a hacer la cantidad de materia prima de salida útil (producto terminado) entre la materia prima de entrada. Por lo tanto la eficiencia física es menor o igual que uno ($ef \leq 1$).

Fórmula 9. Eficiencia Física

$$Eficiencia\ física = \frac{Salida\ útil\ de\ MP}{Entrada\ de\ MP}$$

Fuente: CEPAL, 2011.

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., para obtener las 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas se deberán emplear exactamente 201,5 planchas de acero inoxidable pero como un proceso no es al 100%, la industria metálica compra 211 planchas de acero inoxidable para la producción de las mismas; por lo tanto la eficiencia física será igual a:

$$Eficiencia\ física = \frac{806\ planchas\ de\ acero\ inoxidable}{844\ planchas\ de\ acero\ inoxidable}$$
$$Eficiencia\ física = 0,9549 = 95,49\%$$

Esto nos indica que por cada 844 planchas de acero inoxidable utilizada, su aprovechamiento útil es de 806 planchas de acero inoxidable, luego se dejan de utilizar 38 planchas de acero inoxidable, que sale como producto defectuoso o como desecho en el proceso.

La eficiencia económica es la relación aritmética entre el total de ingresos o ventas y el total de egresos o inversiones de dicha venta. La eficiencia económica debe ser mayor que la unidad ($Ee > 1$).

Fórmula 10. Eficiencia Económica

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

Fuente: CEPAL, 2011.

En la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., las cajas porta-medidores de energía monofásicas se venden a un precio de S/.22,70 nuevos soles, y el costo de producción de una caja porta-medidor de energía monofásica se deberá invertir un total de S/.19,70 nuevos soles.

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{S / .22,70}{S / .19,70}$$

$$\text{Eficiencia económica} = S / .1,15$$

Esto nos indica que por cada S/.1 de inversión se obtiene un beneficio de S/.0,15 nuevos soles.

Finalmente se procedió a calcular la productividad total del proceso productivo pero primero, los indicadores de productividad se convertirán a unidades por unidad monetaria.

El costo de una plancha de acero inoxidable que presenta la medida de 2,400 mm x 1,200 mm es de S/.135 nuevos soles:

$$\text{Productividad del material} = 9,478 \frac{\text{cajas porta-medidores}}{\text{plancha de acero inoxidable}} \times \frac{\text{plancha}}{S / .135}$$

$$\text{Productividad del material} = 0,07 \cong 1 \text{ caja porta-medidor}$$

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. paga a cada uno de los operarios un salario de S/.750 soles mensuales. Se trabajan un total de 200 horas (en 26 días por mes), por ende el costo por hora-hombre es S/.3,75 nuevos soles:

$$\text{Productividad de la mano de obra} = 52,28 \frac{\text{cajas porta-medidores}}{\text{hora-hombre}} \times \frac{\text{hora-h}}{S / .3,75}$$

$$\text{Productividad de la mano de obra} = 13,94 \cong 14 \text{ cajas porta-medidores}$$

Según ENSA, el precio unitario por Kwh es de S/.0,453 3; por lo cual el precio por Jule será de $S / .1,259 \times 10^{-7}$:

$$\text{Productividad energía} = 6,37 \times 10^{-6} \frac{\text{cajas porta-medidores}}{J} \times \frac{J}{S / .1,259 \times 10^{-7}}$$

$$\text{Productividad energía} = 5,05 \cong 5 \text{ cajas porta-medidores}$$

Por lo cual, la productividad total del proceso será según la fórmula 4:

$$\text{Productividad total} = 1 + 14 + 5 = 20 \text{ cajas porta-medidores}$$

Esto nos indica que se producen 20 cajas porta-medidores de energía monofásicas por unidad monetaria (nuevo sol), es decir se tendrá un gasto de S/.0,05 nuevos soles por caja porta-medidor de energía monofásica.

Entonces podemos concluir al final de este inciso, que el producirse 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 76 días laborando en jornadas de 9 horas por día, se obtiene un total 11 cajas porta-medidores aproximadamente por hora, haciendo que las 20 cajas se produzcan en 1,8 horas.

3.1.3. IDENTIFICACIÓN DE LOS PROBLEMAS EN EL PROCESO PRODUCTIVO Y SUS CAUSAS

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., al tener una demanda considerable de cajas porta-medidores de energía (ver tabla 7), se deberá enfocar en los problemas que actualmente presenta esta industria para la elaboración de las mismas y así no ocasionen deficiencias en la productividad.

Tabla 7. Demanda anual de las cajas porta-medidores de energía entre los años 2009 al 2013

Año	Unidades de cajas porta-medidores de energía
2009	87 500
2010	97 350
2011	106 380
2012	114 800
2013	123 370

Fuente: Área de administración de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. 2014.

Según indica la tabla 7, la demanda anual del producto es considerable debido a que tiene clientes fijos y clientes temporales. Sin embargo, dicha demanda es aceptada a pesar que la capacidad efectiva de la planta es de 8 600 cajas porta-medidores de energía al mes (esta capacidad efectiva fue proporcionada por el jefe de producción de la industria metálica, el cual indicó que para demandas mayores a la misma, se terminan los pedidos al siguiente mes), y en esta se produce entre un 2% y 5% de unidades defectuosas (consideradas las reprocesadas vendidas) de cajas porta-medidores de energía monofásicas (ver tabla 8 y gráfico 1). Así mismo, se ha elaborado la tabla 9 indicando la cantidad de unidades defectuosas que no son vendidas por no cumplir los requerimientos del cliente y son vendidas a un precio menor (ver gráfico 2).

Con respecto al número de unidades reprocesadas por máquina industrial, el operario conoce (en ocasiones estima) la cantidad que ha reprocesado cuando está verificando las piezas y se las hace saber al jefe de producción, el cual a partir de dicha cantidad indica las cajas porta-medidores de energía monofásicas reprocesadas totales. En cambio, el producto terminado defectuoso sale al finalizar el proceso productivo, donde se controla para así determinar su inconformidad.

Sin embargo, mediante la aplicación del indicador OEE; se podrá tener una información real y precisa, es decir, se podrá verificar con exactitud el número de piezas reprocesadas por máquina, los tiempos no planificados en la producción, el rendimiento de la máquina industrial y además nos permitirá ir midiendo el diario rendimiento del operario, ya que se familiarizará aún más con los aspectos técnicos de las máquinas industriales.

Tabla 8. Unidades defectuosas considerando las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Mes	Nov.	Dic.	Ener.	Febr.	Mar.	Promedio
Unidades	320	240	-	-	408	322
Porcentaje	3,73%	2,79%	0%	0%	4,75%	3,76%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

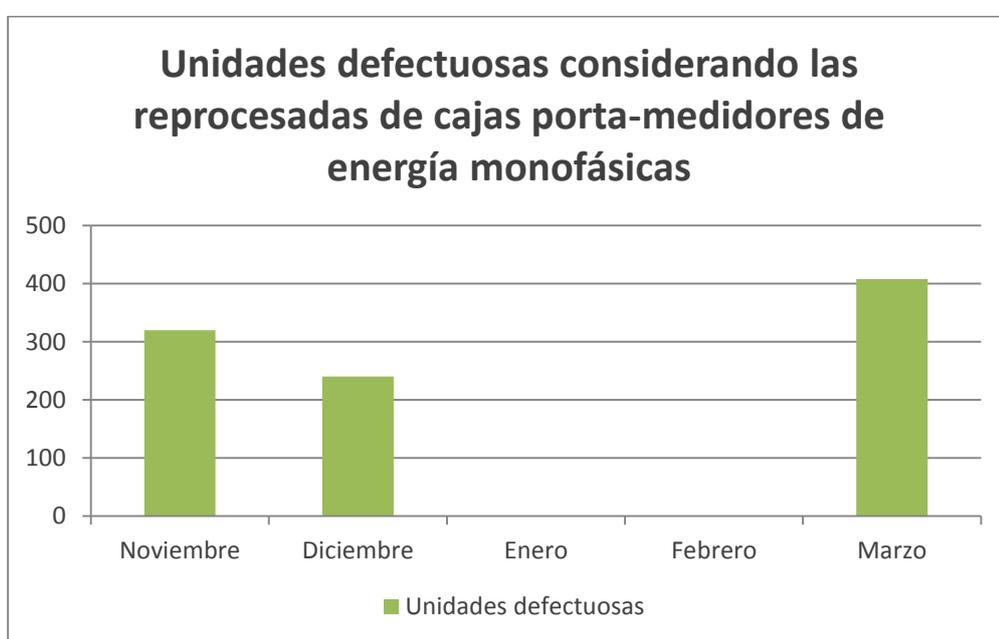


Gráfico 1. Unidades defectuosas considerando las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 9. Unidades defectuosas sin considerar las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Mes	Nov.	Dic.	Ener.	Febr.	Mar.	Promedio
Unidades	198	179	-	-	186	188
Porcentaje	2,31%	2,08%	0%	0%	2,17%	2,18%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

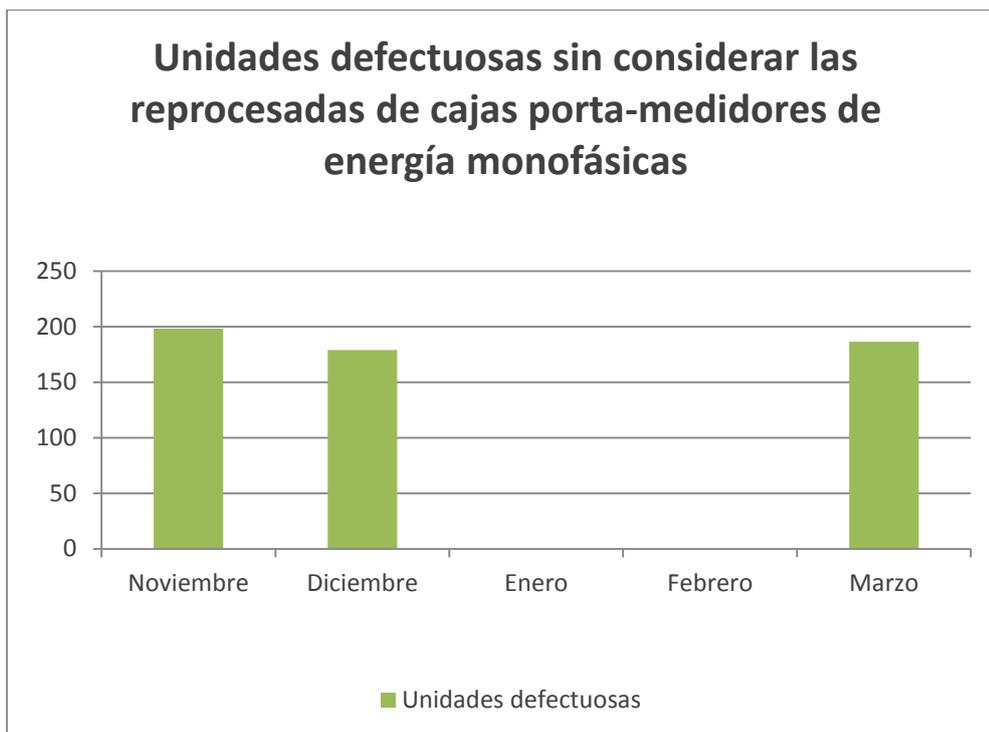


Gráfico 2. Unidades defectuosas sin considerar las reprocesadas entre los meses de Noviembre del 2013 a Marzo del 2014 de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Fuente: Elaboración propia. 2014.

La Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., al tener una demanda considerable de cajas porta-medidores de energía (ver tabla 7), se deberá enfocar en los problemas que actualmente presenta para la elaboración de las mismas y así no ocasionen deficiencias en la productividad en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas.

Este problema de pérdida de calidad también es ocasionado por un mal rendimiento y disponibilidad de las máquinas industriales, que se deben por paradas no planificadas que ocasionan pérdidas de velocidad de procesamiento, y todos estos influirán en las utilidades de la industria metálica, ya que éstas unidades defectuosas se obtienen como producto terminado y se venden más económicamente (S/.18,00 nuevos soles), que las unidades conformes para los clientes fijos (S/.22,70 nuevos soles) o para los clientes temporales (S/.25,00 nuevos soles).

En la tabla 10, se muestra las horas de operación promedio de las máquinas industriales y la cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas en cada etapa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas tanto en el primer semestre del 2012 y del 2013 (todos los datos basados en reportes diarios de la industria). (Ver gráfico 3, gráfico 4 y anexo 6).

Tabla 10. Horas utilizadas de operación promedio y la cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas en cada etapa del proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía monofásicas

Etapas del proceso productivo	1er semestre del año 2012		1er semestre del año 2013	
	Horas utilizadas de operación promedio de las máquinas industriales	Cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas	Horas utilizadas de operación promedio de las máquinas industriales	Cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas
Costados	113	3 350	115	4 070
Porta omegas	30	3 800	31	3 700
Bisagras	33	3 500	38	3 300
Cascos	25	3 720	31	3 150
Sombreros	14	3 500	16	3 100
Uña para corredizos	17	2 900	19	2 800
Omegas	19	2 900	21	2 730
Corredizos	20	2 750	22	2 650
Tapas	55	2 320	62	2 165
Riel Din	24	2 270	27	2 115
Cuerpos	139	2 590	168	2 015
Platinas	2	2 500	3	2 000
Porta vidrios	47	1 950	49	1 900
Porta maderas	14	1 650	15	1 520
Bocina de bisagras	39	1 100	37	1 100
Total	591	40 800	654	38 315

Fuente: Área de producción de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. 2014.



Gráfico 3. Horas utilizadas de operación promedio de las máquinas industriales en cada etapa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en el 1er semestre del año 2012 y 2013

Fuente: Elaboración propia. 2014.



Gráfico 4. Cantidad de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas en cada etapa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas en el 1er semestre del año 2012 y 2013

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Además, de acuerdo a la tabla 10, se ha elaborado el cuadro 4 en el cual se muestra que la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. en el primer semestre del 2013, ha estado produciendo una menor cantidad de piezas promedio (2 485 piezas) con respecto al primer semestre del año 2012 y con una mayor cantidad de horas utilizadas promedio (63 horas), lo que indica que está existiendo una mala disponibilidad y rendimiento de las mismas al momento de fabricar las cajas porta-medidores de energía monofásicas.

Cuadro 4. Total de horas utilizadas de operación promedio de más de las máquinas industriales y cantidad de piezas no fabricadas promedio por las horas utilizadas promedio en el 1er semestre del año 2013

	Total de horas utilizadas de operación promedio de las máquinas industriales	Total de piezas fabricadas promedio por las horas utilizadas promedio
1er semestre del año 2012	591 horas	40 800 piezas
1er semestre del año 2013	654 horas	38 315 piezas
Total de horas utilizadas promedio de más en el 1er semestre del año 2013	63 horas	-----
Cantidad de piezas no fabricadas promedio en el 1er semestre del año 2013	-----	2 485 piezas

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Por ello, ante la necesidad de mejorar los problemas ya mencionados, para obtener productos con adecuados estándares de calidad y lograr una mejora continua en el proceso productivo para ser más competitivos, y por ende tener una mayor productividad en la industria metálica, el indicador Overall Equipment Effectiveness (OEE), es una manera de controlar y mejorar la eficiencia del proceso productivo. Este se ha convertido en un indicador aceptado para medir y evaluar la productividad desde el punto de vista de las máquinas industriales, para así mediante una mejora de las mismas, contribuir a la reducción de desechos y de paros no planificados que se generan durante la actividad productiva, un mejor funcionamiento de las máquinas industriales, disminución de recursos, etc. (Elevli, 2010).

La ventaja del OEE frente a otras razones es que mide, en un único indicador, todos los parámetros fundamentales de una producción industrial: la disponibilidad, el rendimiento y la calidad.

Se ha laborado un diagrama de Ishikawa (ver diagrama 7), para ver las diferentes causas que puedan ocasionar que la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas disminuya.

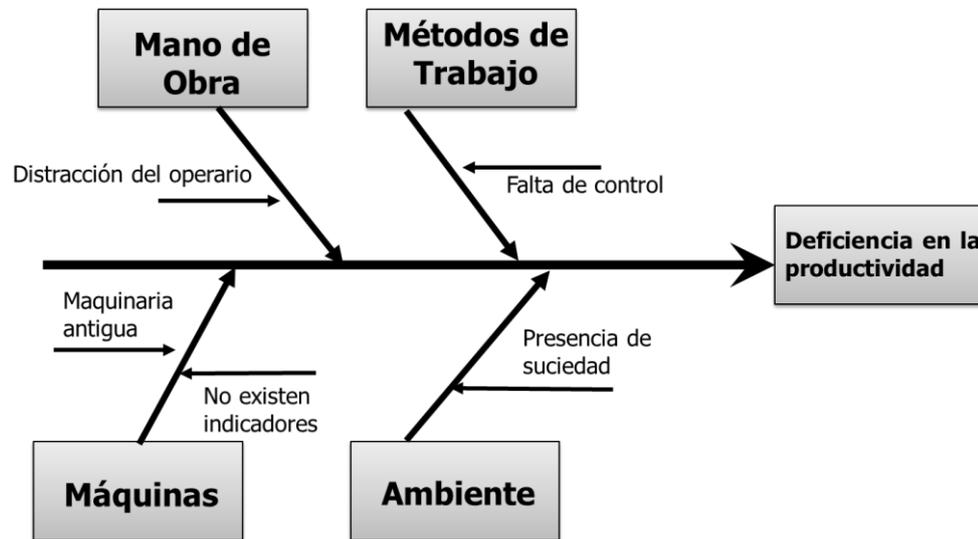


Diagrama 7. Diagrama de Ishikawa del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Fuente: Elaboración propia. 2014.

- **Mano de obra:** la distracción del operario es una de las causas de un montaje incorrecto de la pieza; es decir, al existir un mal montaje de la pieza (mal posicionada), el operario estaría ocasionando no sólo una falla en la calidad, sino también una mala disponibilidad (al tener un tiempo de paro no planificado) y un bajo rendimiento de la máquina (que funcione menos de su capacidad). (Ver figura 7, anexo 2).
- **Métodos de trabajo:** como ya se mencionó, esta falta de control se evidencia más cuando el operario conoce y en ocasiones estima la cantidad de piezas que ha reprocesado cuando las está verificando, informándole al jefe de producción. Mantener un registro del trabajo reprocesado es importante, porque así podremos obtener la tasa de calidad de esta etapa del proceso o de la máquina industrial que interviene en dicho proceso.
- **Máquinas:** en éstas, la industria metálica tiene descuidada la mejora continua del proceso productivo porque teniendo parte de la data necesaria presentada hasta el momento en la presente tesis, no se tienen indicadores que evidencien correcto funcionamiento de las mismas. Con la existencia de estos indicadores, podríamos controlar el proceso productivo desde el punto de vista de las máquinas industriales y así no afectar su disponibilidad y rendimiento.

- Ambiente: la presencia de suciedad, entre ellas el polvo, puede dañar el rendimiento de la máquina industrial. En esta industria metálica, si se hace una limpieza a la planta, pero existen ocasiones como se evidencia en la figura 9 del anexo 2, donde hay un descuido.

Entonces, podemos concluir que en el presente diagrama de Ishikawa que parte de la deficiencia en la productividad del proceso productivo de cajas portamedidores de energía monofásicas se puede dar por una mala disponibilidad (mano de obra), un mal rendimiento (máquinas) y una mala calidad (métodos de trabajo y ambiente); como se observa, estos parámetros están relacionados justamente con el OEE.

Finalmente, después de haber identificado todo tipo de información referente a las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas portamedidores de energía monofásicas, se ha obtenido una recopilación de datos con respecto a las causas más comunes de pérdida de eficiencia en la manufactura (es decir de paros), por cada una de las máquinas industriales utilizadas en dicho proceso productivo; esta se pudo obtener revisando ciertas planillas del departamento de mantenimiento y obteniendo información del ingeniero mecánico de la industria metálica. (Ver tabla 11).

Tabla 11. Paros planificados y no planificados que se dan en cada una de las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Máquina Industrial	Paros planificados (PP)	Paros no planificados (PNP)
Máquina cortado 1	Verificación de pieza, regulación de cuchillas, limpieza al sistema de control.	Montaje incorrecto, aceitar cuchillas, idas al baño, cambio de aceite al motor, cambio de hidrolina a los pistones, ajuste de manijas.
Máquina plegadora (YSD)	Verificación de pieza, regulación de cuchillas, limpieza al sistema hidráulico.	Montaje incorrecto, aceitar cuchillas, idas al baño, cambio de aceite al motor, rompimiento del prisma (base).
Prensa neumática (Shuler)	Limpieza y engrase a la polea y al eje. Limpieza de material inservible.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 1 - neumática (Ambold)	Limpieza y engrase a la polea y al eje. Limpieza de rodillo.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 2	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 3	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 4	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 5	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 6	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 7	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	Limpieza a la máquina y al eje. Comprobación del nivel adecuado de aceite.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor. Fugas de aceite.
Prensa 10	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Prensa 11	Limpieza y engrase a la polea y al eje.	Rompimiento del eje, matriz o pieza de la prensa. Montaje incorrecto, idas al baño, cambio de aceite al motor.
Guillotina 1	Limpieza y ajuste de eje.	Rompimiento del eje, movimiento de cuchillas, cambio de polea.
Guillotina 2	Limpieza y ajuste de eje.	Rompimiento del eje, movimiento de cuchillas, cambio de polea.

Fuente: Área de Mantenimiento de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

Elaboración: Propia. 2014.

3.2. DESARROLLO DE LA PROPUESTA DE MEJORA EN EL PROCESO PRODUCTIVO

3.2.1. CÁLCULO DE LA CRITICIDAD DE LAS MÁQUINAS

Para dicho cálculo, se ha procedido a elaborar la tabla 12 para representar la ponderación de cada factor del diagnóstico de criticidad de las máquinas, en la cual se ha considerado la escala para dichos factores según la teoría de la criticidad de las máquinas (ver cuadro 1).

Tabla 12. Ponderación de los factores para la criticidad de las máquinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Factores	Ponderación
De seguridad del personal y ambiente	20%
De costos de reparación	30%
De velocidad de manifestación de la falla	15%
De costos de la parada de producción	35%

Fuente: Valderrama. 2003.

Elaboración: Propia. 2014.

- De seguridad del personal y ambiente: el efecto que incide este factor sobre las personas es temporal y por lo general no tiene consecuencia sobre el ambiente, por ello se ha considerado una ponderación del 20%.
- De costos de reparación: se ha considerado una ponderación del 30%, por que la máquina se encuentra entre un 5% y 15% del total de los costos directos de reparación (por la adquisición de repuestos).
- De velocidad de manifestación de la falla: el tiempo para programar la intervención de la falla por lo general es suficiente, por ello se ha considerado una ponderación del 15%.
- De costos de la parada de producción: se ha considerado una ponderación del 35%, ya que existen ocasiones en que la industria metálica no tiene demora en la entrega del pedido (0%) y otras en las que la entrega tiene un corto tiempo de demora (60%).

Posteriormente, se procede a desarrollar la matriz de criticidad, la cual va a representar una relación más detallada entre los factores y las máquinas industriales del proceso productivo, la cual nos servirá como guía para el cálculo de la criticidad de las máquinas.

Cuadro 5. Matriz de criticidad de las máquinas

	Factor de velocidad de manifestación de la falla			Factor de seguridad del personal y ambiente					Factor de costos de la parada de producción			Factor de costos de reparación		
	Período P-F			Descripción					Criterio			Clasificación de acuerdo a Pareto		
	Muy corto, no da tiempo para detener la máquina	Corto, es posible detener la máquina	Suficiente, es posible programar la intervención	Sin consecuencias	Efecto temporal sobre personas, no afecta el ambiente	Efecto temporal sobre las personas y ambiente	Efecto irreversible sobre las personas	Efecto irreversible sobre las personas y ambiente	No implica demora en la entrega	Implica demora de corto tiempo en la entrega	Implica demora y pérdida de clientes	Clasificación A	Clasificación B	Clasificación C
Máquina cortado 1			1	1					1					1
Máquina plegadora (YSD)			1		1					1			1	
Prensa neumática (Shuler)			1		1				1					1
Prensa 1 - neumática (Ambold)			1	1						1			1	
Prensa 2			1		1				1					1
Prensa 3			1			1				1			1	
Prensa 4			1		1				1					1
Prensa 5			1			1				1			1	
Prensa 6			1			1				1			1	
Prensa 7			1	1					1					1
Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)			1	1					1					1
Prensa 10			1			1				1			1	
Prensa 11			1		1				1					1
Guillotina 1			1			1				1				1
Guillotina 2			1			1				1			1	

Fuente: Valderrama. 2003.

Elaboración: Propia. 2014.

Finalmente, según la teoría para el cálculo del valor para la criticidad de las máquinas explicada en el inciso 2.2.4, se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 13. Criticidad de las máquinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Máquina	Valor	Criticidad
Máquina cortado 1	6	No crítico
Máquina plegadora (YSD)	45	No crítico
Prensa neumática (Shuler)	12	No crítico
Prensa 1 - neumática (Ambold)	39	No crítico
Prensa 2	12	No crítico
Prensa 3	51	Semi-crítico
Prensa 4	12	No crítico
Prensa 5	51	Semi-crítico
Prensa 6	51	Semi-crítico
Prensa 7	6	No crítico
Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	6	No crítico
Prensa 10	51	Semi-crítico
Prensa 11	12	No crítico
Guillotina 1	39	No crítico
Guillotina 2	51	Semi-crítico

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Según la teoría de la criticidad de las máquinas, esta nos sirve para evaluar que tan importante son las máquinas para la industria metálica de acuerdo a su criticidad dentro de un proceso productivo, por lo cual se puede ver reflejado en la tabla 13, donde las máquinas de mediana criticidad por ahora son importantes para la industria, ya que por lo general implican demora dentro del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas y por ende exista un mayor hincapié en los costos de parada de producción.

3.2.1. CÁLCULO DEL INDICADOR OEE

De acuerdo a toda la información recolectada en el inciso 3.1.3., se elaboró un formato en el cual el operador indicará el nombre de la máquina industrial, el turno al que pertenecieron los datos recolectados, el tiempo total del proceso productivo (a qué hora se inició el proceso y a qué hora finalizó), el tiempo total en producción (a qué hora específica dentro del turno comienza a funcionar la máquina y su hora de apagado), marcar cual es la causa del paro y cuánto duró, la capacidad nominal de la máquina es decir la cantidad producida por hora y así mismo, el operario manifestará la etapa del proceso productivo y la cantidad de unidades conformes y defectuosas (se considerará las reprocesadas).

Tabla 14. Formato del registro de paros planificados (PP) y paros no planificados (PNP) dentro del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Registro de paros planificados (PP) y paros no planificados (PNP)			
Fecha: / /	Etapas del proceso:	Número de unidades/hora:	
Turno:	Máquina Industrial:		
Operario:	CERINSA E.I.R.L.		
Hora de inicio de la máquina (hr/min/ss)	Causa del paro	Duración del paro (hr/min/ss)	
Hora de término de la máquina (hr/min/ss)			
Unidades conformes:			
Unidades defectuosas:			

Fuente: Elaboración propia. 2014.

La información necesaria para el cálculo del OEE se ha obtenido en base a un pedido de producción de 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, por lo cual mediante una hoja electrónica de Excel se calculó este indicador y de acuerdo a ello, se clasificará el proceso productivo globalmente y se verán reflejados los problemas por cada máquina, etapa del proceso productivo, área y de todo el proceso productivo asociados a los tres parámetros fundamentales de una producción industrial: disponibilidad, rendimiento y calidad. (Ver anexo 7).

A continuación en la tabla 15, se muestra una muestra de la hoja electrónica de Excel en la cual se procedió al cálculo del indicador OEE en una de las etapas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas:

Tabla 15: Cálculo del indicador OEE en la etapa del proceso productivo de cuerpos

PROCESO DE LOS CUERPOS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES /HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	24/02/2014	Máquina cortadora 1	08:15	13:00	04:45	00:14:24	00:13:49	04:30:36	04:16:47	94.894%	08:15	10:45	02:30	2.50	278	286	661	15	676	94.545%	97.781%	87.73%
Tarde	24/02/2014	Guillotina 1	15:15	19:00	03:45	00:10:47	00:25:11	03:34:13	03:09:02	88.244%	15:15	19:00	03:45	3.75	378	396	1398	19	1417	95.421%	98.659%	83.07%
Mañana	25/02/2014	Guillotina 1	08:15	13:00	04:45	00:09:39	00:14:37	04:35:21	04:20:44	94.692%	08:20	09:53	01:33	1.55	395	396	582	8	590	96.123%	98.644%	89.79%
Mañana	25/02/2014	Prensa 5	08:15	13:00	04:45	00:11:41	00:18:12	04:33:19	04:15:07	93.341%	08:15	12:25	04:10	4.17	357	366	1360	47	1407	92.262%	96.660%	83.24%
Mañana	25/02/2014	Prensa 6	08:15	13:00	04:45	00:19:31	00:39:03	04:25:29	03:46:26	85.291%	09:20	12:38	03:18	3.30	445	458	1311	29	1340	88.660%	97.836%	73.98%
Mañana	25/02/2014	Prensa 7	08:15	13:00	04:45	00:11:18	00:16:51	04:33:42	04:16:51	93.844%	09:50	13:00	03:10	3.17	329	344	1001	38	1039	95.379%	96.343%	86.23%
Mañana	25/02/2014	Prensa 10	08:15	13:00	04:45	00:12:22	00:16:06	04:32:38	04:16:32	94.095%	10:40	13:00	02:20	2.33	277	291	623	38	661	97.349%	94.251%	86.33%
Tarde	25/02/2014	Prensa 5	15:08	19:00	03:52	00:09:12	00:19:43	03:42:48	03:23:05	91.151%	15:10	17:10	02:00	2.00	357	366	640	35	675	92.213%	94.815%	79.69%
Tarde	25/02/2014	Prensa 6	15:08	19:00	03:52	00:11:07	00:16:31	03:40:53	03:24:22	92.522%	15:50	17:36	01:46	1.77	447	458	689	23	712	87.995%	96.770%	78.79%
Tarde	25/02/2014	Prensa 7	15:08	19:00	03:52	00:11:28	00:12:41	03:40:32	03:27:51	94.249%	15:30	18:34	03:04	3.07	344	344	999	29	1028	97.447%	97.179%	89.25%
Tarde	25/02/2014	Prensa 10	15:08	19:00	03:52	00:13:02	00:20:10	03:38:58	03:18:48	90.790%	15:08	19:00	03:52	3.87	289	291	1071	46	1117	99.271%	95.882%	86.42%
Tarde	25/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:08	19:00	03:52	00:08:52	00:13:29	03:43:08	03:29:39	93.957%	15:10	19:00	03:50	3.83	230	232	828	20	848	95.352%	97.642%	87.48%
Mañana	26/02/2014	Prensa 10	08:10	13:00	04:50	00:06:16	00:06:22	04:43:44	04:37:22	97.756%	08:20	09:30	01:10	1.17	289	291	306	11	317	93.373%	96.530%	88.11%
Mañana	26/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:10	13:00	04:50	00:11:37	00:18:43	04:38:23	04:19:40	93.277%	08:15	13:00	04:45	4.75	232	232	1056	12	1068	96.915%	98.876%	89.38%
Tarde	26/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:10	19:00	03:50	00:06:15	00:03:56	03:43:45	03:29:49	98.242%	15:10	15:53	00:23	0.38	228	232	79	5	84	94.453%	94.048%	87.27%
Tarde	27/02/2014	YSD	15:10	19:00	03:50	00:27:10	00:14:52	03:22:50	03:07:58	92.671%	15:13	19:00	03:47	3.78	174	177	603	10	613	91.540%	98.369%	83.45%
Mañana	28/02/2014	YSD	08:15	13:00	04:45	00:23:41	00:14:38	04:21:19	04:06:41	94.400%	08:18	13:00	04:42	4.70	177	177	782	15	797	95.805%	98.118%	88.74%
Tarde	28/02/2014	YSD	15:10	19:00	03:50	00:22:24	00:17:54	03:27:36	03:09:42	91.378%	15:10	19:00	03:50	3.83	174	177	615	8	623	91.820%	98.716%	82.83%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

3.2.2.1. Indicador OEE/Máquina

A partir del cálculo del indicador OEE para el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, se elaboró la tabla 16, en la cual se muestra el promedio de cada uno de los parámetros correspondientes a las máquinas industriales. (Ver gráfico 5 y anexo 7).

Tabla 16. OEE por cada máquina industrial

Máquina / Parámetros	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Máquina cortadora 1	96,53%	95,02%	97,55%	89,48%
Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	93,76%	95,85%	97,99%	88,06%
Prensa 7	93,42%	95,56%	98,26%	87,72%
Prensa 11	94,06%	94,51%	98,04%	87,16%
Prensa 4	93,33%	95,42%	97,58%	86,90%
Prensa neumática (Shuler)	93,21%	95,09%	97,72%	86,61%
Prensa 2	92,80%	94,20%	98,29%	85,92%
Guillotina 1	92,38%	95,67%	97,13%	85,84%
Prensa 1 - neumática (Ambold)	92,51%	94,52%	97,84%	85,55%
Máquina plegadora (YSD)	92,89%	93,44%	98,30%	85,32%
Prensa 10	91,37%	91,52%	96,35%	80,57%
Prensa 3	90,64%	92,64%	95,52%	80,21%
Guillotina 2	89,54%	92,50%	96,40%	79,84%
Prensa 5	90,51%	91,15%	96,23%	79,39%
Prensa 6	88,77%	90,17%	96,84%	77,51%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

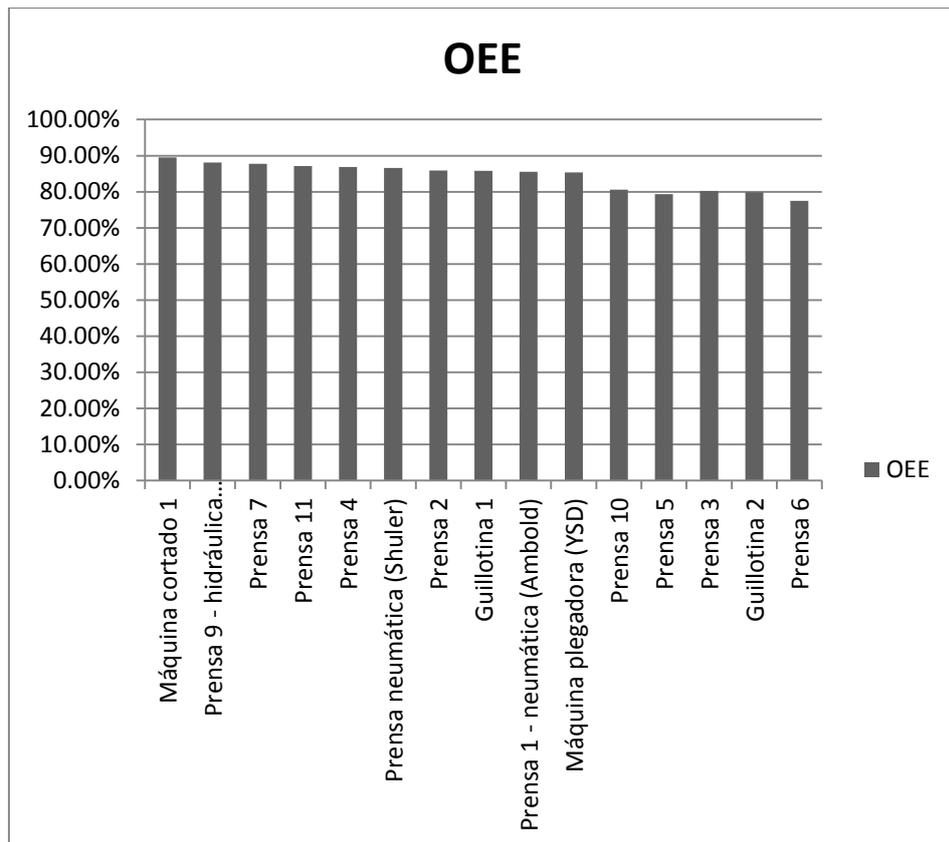


Gráfico 5. OEE por cada máquina industrial

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Como podemos observar, las máquinas industriales del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas que presentan un menor valor del indicador OEE son: prensa 3, prensa 5, prensa 6, prensa 10 y guillotina 2; se considerarán estas 5 máquinas principalmente, ya que las mismas están ocasionando que el valor del OEE sea aceptable ($75\% < \text{OEE} < 85\%$) y no se encuentre dentro de los valores del “World Class” como las demás máquinas ($85\% < \text{OEE} < 95\%$), como pudimos observar en la tabla 1, de acuerdo a la clasificación del mismo. Además, estas máquinas son las que presentan una mayor importancia según la criticidad de las máquinas.

3.2.2.2. Indicador OEE/Etapa del Proceso productivo

A partir del cálculo del indicador OEE para el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, se elaboró la tabla 17, en la cual se muestra el promedio de cada uno de los parámetros correspondientes a cada etapa del proceso productivo. (Ver gráfico 6 y anexo 7).

Tabla 17. OEE por cada etapa del proceso productivo

Etapa / Parámetros	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Platinas	94,20%	95,02%	97,19%	86,99%
Rieldines	93,63%	95,09%	97,14%	86,49%
Portaomegas	93,36%	94,78%	97,44%	86,22%
Corredizos	93,80%	94,87%	96,89%	86,22%
Tapas	92,68%	94,20%	98,07%	85,62%
Omegas	94,41%	94,26%	96,16%	85,57%
Cuerpos	92,38%	95,22%	97,17%	85,47%
Bocina de Bisagras	91,80%	95,23%	97,70%	85,41%
Portamaderas	93,74%	92,83%	97,76%	85,07%
Uñas para Corredizo	92,16%	94,98%	97,12%	85,01%
Sombreros	92,02%	94,08%	97,59%	84,49%
Costados	92,20%	93,86%	96,77%	83,74%
Cascos	92,30%	93,15%	97,22%	83,59%
Bisagras	93,41%	92,41%	96,35%	83,17%
Portavidrios	93,07%	92,75%	96,08%	82,94%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

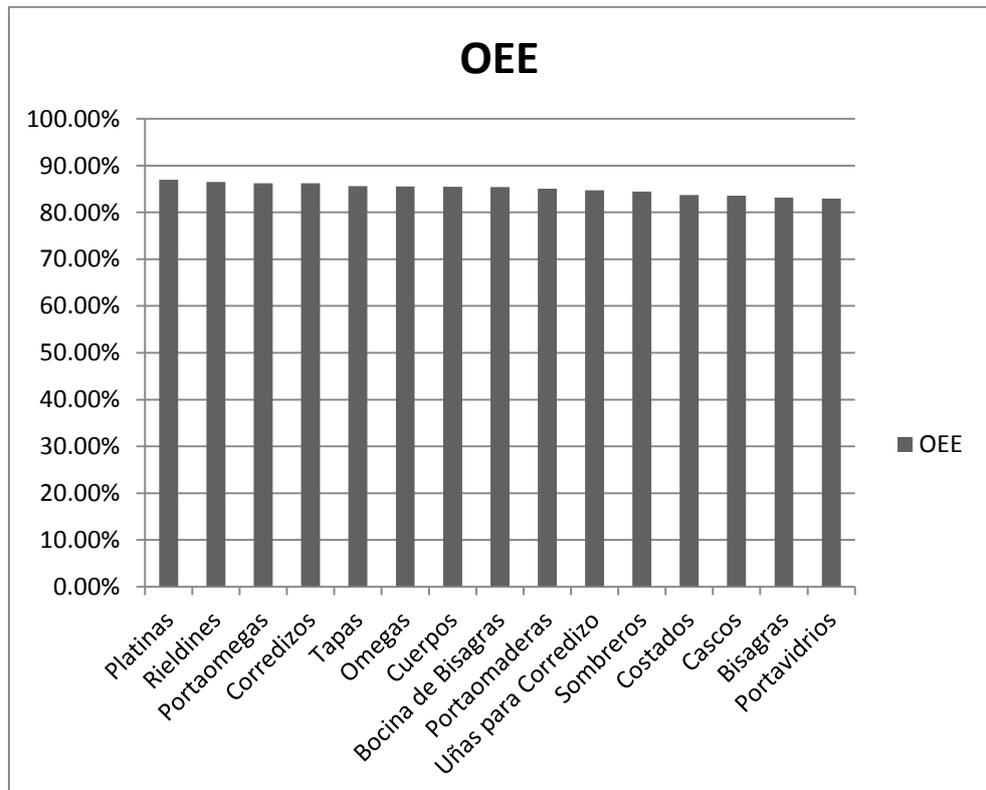


Gráfico 6. OEE por cada etapa del proceso productivo

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Como se observa, las etapas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas que presentan un menor valor del indicador OEE son: portavidrios, bisagras, cascos, costados y sombreros; se consideran estas 5 etapas principalmente, ya que las mismas utilizan en su mayoría las máquinas industriales que presentan el menor valor OEE, ocasionando que sea aceptable ($75\% < \text{OEE} < 85\%$) y no bueno ($85\% < \text{OEE} < 95\%$), es decir que no se encuentren dentro de los valores del “World Class”, como pudimos observar en la tabla 1, de acuerdo a la clasificación del mismo.

3.2.2.3. Indicador OEE/Áreas del Proceso productivo

A partir del cálculo del indicador OEE para el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, se elaboró la tabla 18, en la cual se muestra el promedio de cada uno de los parámetros correspondientes a cada área del proceso productivo. (Ver gráfico 7 y anexo 7).

Tabla 18. OEE por cada área del proceso productivo

Área / Parámetros	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Área de Servicio	91,84%	92,46%	97,35%	82,67%
Área de Prensado	91,22%	92,69%	96,33%	81,45%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

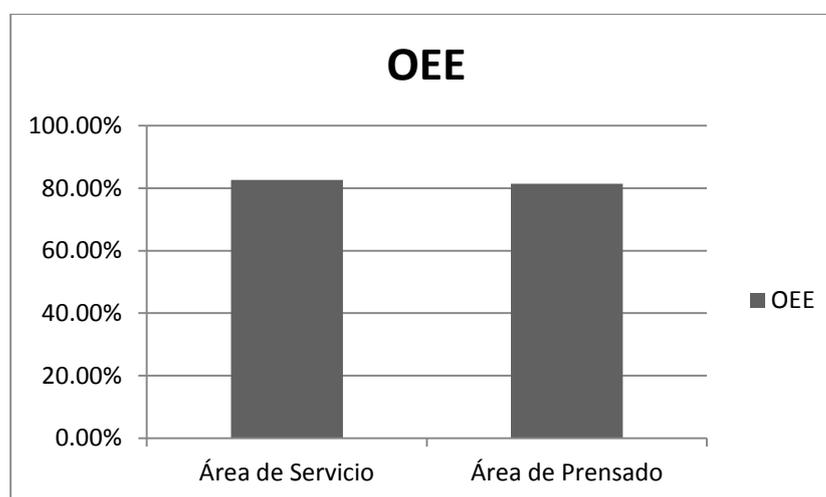


Gráfico 7. OEE por cada área del proceso productivo

Fuente: Elaboración propia. 2014.

El valor OEE de las áreas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, han sido calculados a partir de las tabla 16 o la tabla 17; y como se puede reflejar en el gráfico 7 este indicador se encuentra según la clasificación del OEE en aceptable ($75\% < \text{OEE} < 85\%$) y no dentro de los valores del “World Class” ($85\% < \text{OEE} < 95\%$). (Ver tabla 1)

3.2.2.4. Indicador OEE del Proceso productivo

Se ha procedido calcular este indicador de manera general (como se ha dicho en base a un pedido de producción de 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas); el resultado se presenta a continuación en la tabla 19 y en el gráfico 8:

Tabla 19. Parámetros del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
	91,53%	92,58%	96,84%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

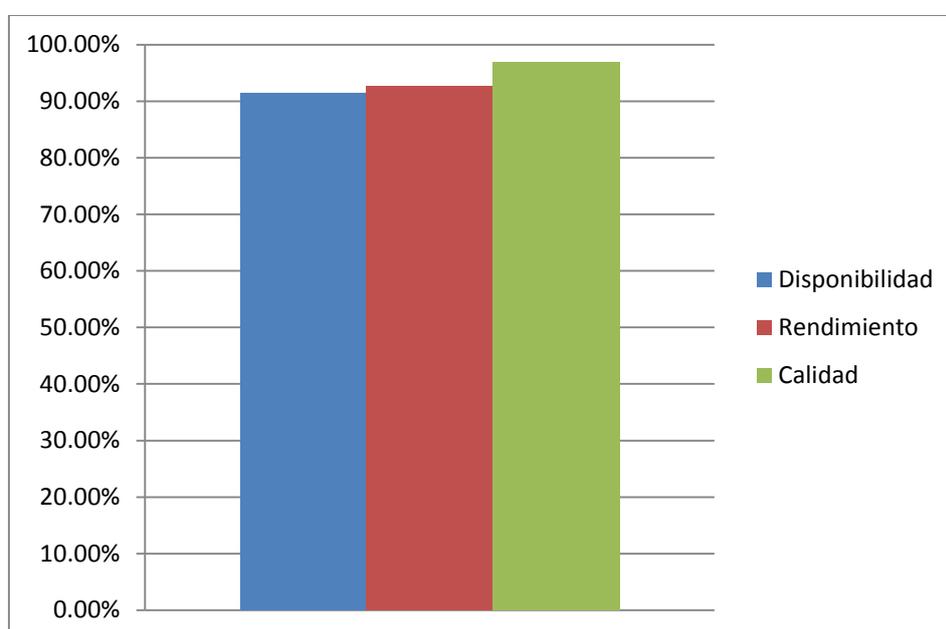


Gráfico 8. Parámetros del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Fuente: Elaboración propia. 2014.

A partir de los datos de la tabla 16, se ha procedido al cálculo del indicador OEE, ya que tenemos que de acuerdo a la fórmula 5:

$$OEE = Disponibilidad \times Rendimiento \times Calidad$$

$$OEE = 91,53\% \times 92,58\% \times 96,84\%$$

$$OEE = 82,06\%$$

Este valor del OEE de acuerdo a la tabla 1, nos confirma que el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas es aceptable ($75\% < OEE < 85\%$) de acuerdo a las máquinas industriales ya mencionadas; es decir, según la teoría en este rango en el proceso productivo existen ligeras pérdidas económicas y su competitividad es ligeramente baja.

3.2.3. ANÁLISIS DE LAS MÁQUINAS POR DEBAJO DE LOS VALORES “WORLD CLASS”

Como un indicio del ahorro perdido por los paros no planificados, se ha procedido a elaborar la tabla 20 a partir de la tabla 16; en cual se mencionan sólo las máquinas industriales que están por debajo de los valores del “World Class”, ya que las mismas son las que presentan una mayor importancia dentro del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas según el análisis de criticidad de las máquinas.

Tabla 20. OEE de las máquinas por debajo del valor “World Class”

Máquina / Parámetros	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Prensa 10	91,37%	91,52%	96,35%	80,57%
Prensa 3	90,64%	92,64%	95,52%	80,21%
Guillotina 2	89,54%	92,50%	96,40%	79,84%
Prensa 5	90,51%	91,15%	96,23%	79,39%
Prensa 6	88,77%	90,17%	96,84%	77,51%

Fuente: Elaboración propia. 2015.

En la tabla presentada, podemos evidenciar que el mayor problema de estas máquinas industriales se encuentra en el parámetro de disponibilidad, que a su vez hace que el rendimiento de la máquina industrial no sea el adecuado por el tiempo de operación según la teoría del indicador OEE y la fórmula 7.

Es por ello que frente a lo descrito, para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, se propondrá aumentar el indicador OEE de estas máquinas industriales que presentan una mayor importancia en el proceso productivo, es decir a las que se les debe poner un mayor énfasis, las cuáles presentan un OEE menor al 85%, es decir un porcentaje menor al valor del “World Class”. (Cruelles, 2010).

Para el estudio de las máquinas mencionadas, se recolectó los tiempos de los datos obtenidos para el cálculo del indicador OEE y se procederá a mejorar el parámetro de disponibilidad, es decir, estos tiempos de las paradas no planificadas serán reducidas y en el mejor de los casos ser eliminadas por completo. Por ello, el parámetro de disponibilidad es el que se tomará en cuenta, porque este a su vez por el tiempo de operación afecta al rendimiento de la máquina, haciendo que se produzcan un menor número de piezas y esto afecta la calidad del producto según la teoría del indicador OEE.

Por lo cual, podemos concluir que este parámetro de disponibilidad afecta de forma global el indicador OEE, por ello en la tabla 21 se promedió los tiempos de paros no planificados de estas máquinas industriales respaldándose en el tipo de paro de la máquina. (Ver tabla 11 y anexo 7).

Tabla 21. Tiempos promedio de los datos recolectados de la disponibilidad de las máquinas que presentan un OEE menor al valor del “World Class”

Máquina Industrial	Tipo de paro de la máquina	Tiempo de los paros planificados	Tiempos de los paros no planificados
Guillotina 2	Limpieza y ajuste de eje	03:16:27	-
	Movimiento de cuchillas	-	05:26:32
	Cambio de polea	-	00:24:34
Prensa 3	Limpieza y engrase a la polea y al eje	05:43:34	-
	Rompimiento del eje	00:55:07	-
	Montaje incorrecto	-	08:30:01
	Cambio de aceite al motor	-	00:47:56
Prensa 5	Limpieza y engrase a la polea y al eje	01:03:04	-
	Rompimiento del eje	00:22:18	.
	Montaje incorrecto	-	02:07:12
	Idas al baño del operario	-	00:09:51
Prensa 6	Limpieza y engrase a la polea y al eje	04:58:41	-
	Rompimiento del eje	00:30:57	-
	Rompimiento de la pieza de la prensa	01:06:09	-
	Montaje incorrecto	-	06:13:20
	Cambio de aceite al motor	-	00:44:23
	Idas al baño del operario	-	00:02:25
Prensa 10	Limpieza y engrase a la polea y al eje	04:03:36	-
	Rompimiento del eje	00:30:48	-
	Montaje incorrecto	-	05:13:38
	Cambio de aceite al motor	-	00:46:37

Fuente: Elaboración propia. 2015.

La sumatoria total para un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas de los tiempos promedio de los paros planificados es de 22 horas con 30 minutos y 41 segundos, en cambio para los paros no planificados es de 30 horas con 16 minutos y 29 segundos (igual a 30,27 horas, equivalente a 3 días aproximadamente de producción en la industria metálica).

Esto refleja una pérdida no sólo de tiempos por paros sino también de ahorro de producción y de dinero para la empresa, ya que según el indicador de productividad total que se obtuvo en el inciso 3.1.2.5., se pueden producir 11 cajas porta-medidores de energía monofásicas por hora, es decir un total de 99 cajas por día; por ello que a continuación se muestra cuánto está dejando de ahorrar la industria metálica en estos paros no planificados:

Tabla 22. Ahorro perdido por los paros no planificados promedio para un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas

Tiempo de paros no planificados	Cajas fabricadas por hora	Cajas dejadas de fabricar por 3 días	Costo de cada caja porta-medidor	Ahorro perdido por las paradas no planificadas
30,27 horas	11	297	S/.19,70	S/.5 850,90

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Además, podemos resaltar que el ahorro perdido podría ser mayor si consideraríamos todas las máquinas industriales pero como se ha explicado, se tomará en cuenta las máquinas de mayor importancia. Además, al proponer el indicador OEE, no sólo se disminuirá éstas paradas, sino también ahorrar recursos como planchas de acero inoxidable o la energía eléctrica empleada en las máquinas industriales, reflejando el incremento de la productividad total mediante el aumento de los indicadores de productividad como de materiales, mano de obra, de energía, etc., por el ahorro de dichos recursos.

3.2.4.EVIDENCIACIÓN DEL AUMENTO DEL INDICADOR OEE APLICADO A EMPRESAS

Al ser la presente tesis una propuesta, en primer lugar se optó por investigar artículos científicos que evidenciaran la efectividad de la aplicación de este indicador OEE en la realidad, por ello de los antecedentes del problema del capítulo II, se optó por lo aplicado en el artículo científico: “Aplicación de un proceso de mejora continua en un taller mecánico utilizando la técnica TPM”, porque este taller mecánico se asemeja a una industria metálica.

Según Galarza, 2010; en el artículo científico ya mencionado se obtuvo un incremento del 13% en la eficacia global promedio por cada máquina del taller mecánico, después de la implementación del indicador OEE. Seguidamente, con la finalidad de ratificar la información proporcionada por el señor Galarza, se procedió a calcular el OEE de las máquinas de mayor importancia a partir de la reducción de los paros no planificados, con la finalidad de compararlo con el aumento del porcentaje de 13% considerado como mejora global promedio por máquina de las cuáles se ha obtenido el siguiente resultado:

Tabla 23. Nuevo indicador OEE de las máquinas industriales que presentan criticidad a partir de la reducción de los tiempos de paros no planificados

Máquina / Etapa	Prensa 3	Prensa 5	Prensa 6	Prensa 10	Guillotina 2
Cuerpos	-	89,70%	89,63%	89,79%	-
Porta-maderas	-	-	-	-	88,34%
Costados	91,12%	-	-	-	91,46%
Tapas	-	-	90,29%	-	-
Porta Vidrios	87,27%	-	-	-	-
Cascos	-	-	89,36%	-	-
Sombreros	-	-	-	92,48%	-
Bisagras	91,52%	-	-	91,01%	-
Promedio	89,97%	89,70%	89,76%	91,09%	89,90%

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Tabla 24. Comparación de los nuevos valores del indicador OEE

Máquinas	OEE por mejora global	OEE por reducción de tiempos
Prensa 10	93,57%	91,09%
Prensa 3	93,21%	89,97%
Guillotina 2	92,84%	89,90%
Prensa 5	92,39%	89,70%
Prensa 6	90,51%	89,76%
Promedio	92,50%	90,08%

Fuente: Elaboración propia. 2015.

A través de la tabla 24, podemos observar que el OEE obtenido por reducción de tiempos es muy semejante al OEE por mejora global, es decir el promedio del OEE por mejora global refleja un 92,50% y el OEE por reducción de tiempos un 90,08%, existiendo una diferencia de 2,42%; del cual podemos deducir que el porcentaje es un margen de error del OEE por reducción de tiempos con respecto al OEE por mejor global. En la mayoría de estudios, los autores se orientan a escenarios no tan favorables, por si llegara a ocurrir algún imprevisto. Entonces, se va a considerar el redondeo de los OEE promedio de la tabla 24, obteniéndose un margen de error final de $\pm 3\%$ con respecto al 13% del OEE por mejora global promedio por cada máquina industrial, por ello la presente tesis considerará como referencia el aumento por mejora global del 13% pero con un margen de error de -3% (un escenario no tan favorable), es decir una mejora global por cada máquina industrial del 10%.

A continuación, se muestra las máquinas que tienen una mayor importancia en el proceso productivo según el análisis de criticidad (es decir las máquinas industriales semi-críticas), que a su vez son aquellas con el menor porcentaje OEE las cuales impiden llegar a los valores del “World Class”, con el respectivo incremento del 10% por mejora global por máquina industrial:

Tabla 25. Nuevo indicador OEE de las máquinas industriales después de aplicarse el 10% de mejora global por máquina

Máquina industrial	OEE
Máquina cortadora 1	89,48%
Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	88,06%
Prensa 7	87,72%
Prensa 11	87,16%
Prensa 4	86,90%
Prensa neumática (Shuler)	86,61%
Prensa 2	85,92%
Guillotina 1	85,84%
Prensa 1 - neumática (Ambold)	85,55%
Máquina plegadora (YSD)	85,32%
Prensa 10	90,57%
Prensa 3	90,21%
Guillotina 2	89,84%
Prensa 5	89,39%
Prensa 6	87,51%

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Por lo tanto, el promedio de los OEE de todas las máquinas industriales nos dará un nuevo indicador OEE global de 87,74%; el cual constituye un OEE con un valor “World Class”, es decir ahora la industria metálica según la teoría del indicador OEE será más competitiva reflejándose en los nuevos indicadores de productividad.

3.2.5. NUEVOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

Para el cálculo de los nuevos indicadores de productividad, se tomará la acotación que se indicó en el inciso 3.1.2.5. en la cual se indica que la industria metálica produce lotes de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, por ello se tomará en base a ésta, primero para calcular el nuevo número de días en las que se va a producir el producto, el nuevo número de planchas de acero inoxidable a utilizar y el total de energía empleada para la producción de las mismas, todo a partir del nuevo valor del indicador OEE por mejora global del 10%, para que posteriormente se calcule los nuevos indicadores de productividad en base a un pedido de producción de 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas.

A continuación, se explicará el cálculo de los datos a obtener explicados al principio de este inciso en base a un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas:

Para el cálculo del nuevo número de días en las que se va a producir el producto, se consideró el tiempo de paro no planificado promedio de 30,27 horas equivalente a 3 días aproximadamente de producción para la industria metálica, es decir, ahora la producción no se obtendrá en 19 días, sino en 16 días; además quedan 3,27 horas libres en las cuales se podrán hacer actividades de mantenimiento u otra planificación que la industria metálica requiera.

Con respecto al nuevo número de planchas de acero inoxidable a utilizar, se ha procedido a calcular en primer lugar el nuevo número de planchas de acero inoxidable que se dejan de aprovechar, para que a partir de ahí saber cuántas se van a necesitar con respecto a la cantidad que es utilizada actualmente.

Es decir, si con un OEE del 82,06% se dejaban de utilizar 10 planchas de acero inoxidable habiendo utilizando 211 de las mismas, ahora siendo inversamente proporcional con el nuevo valor de OEE del 87,74% se dejaría de utilizar un total de 9 planchas de acero inoxidable, por lo tanto ahora se utilizarán en el proceso productivo un total de 210 planchas de acero inoxidable.

Finalmente, para el nuevo cálculo de la energía total empleada se ha procedido a restar los datos de los tiempos promedio de paros no programados de la tabla 18, al número actual de horas trabajadas (ver anexo 4), para así tener los nuevos números de horas trabajadas, haciendo un nuevo total de energía promedio empleada de 800 Kwh equivalente a 2 880 000 000 Jules. (Anexo 5).

Por ello, por ser una propuesta, se ha comparado el nuevo valor del indicador OEE a partir de la mejora global del 10% con el valor de OEE actual y, los datos actuales con los datos futuros ya mencionados y calculados al principio de este inciso a partir de un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, los cuales se presentan en la siguiente cuadro:

Cuadro 6. Comparación entre el OEE actual y el OEE futuro por cada lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas fabricadas

Actual	Futuro
OEE	OEE
82,06 %	87,74%
Número de días de producción	Número de días de producción
19 días	16 días
Número de planchas utilizadas	Número de planchas a utilizar
211 planchas de acero inoxidable	210 planchas de acero inoxidable
Energía empleada	Energía a emplear
3 139 776 000 J	2 880 000 000 J

Fuente: Elaboración propia. 2015.

A continuación, se presenta los nuevos valores de los indicadores de productividad a partir de 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas:

➤ **Productividad de los materiales:**

A partir del nuevo indicador OEE, en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se obtendrán 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 16 días a partir de 210 planchas de acero inoxidable; por lo tanto la productividad de los materiales será igual a:

$$Productividad\ del\ material = \frac{8\ 000\ cajas\ porta - medidores}{840\ planchas\ de\ acero\ inoxidable}$$

$$Productividad\ del\ material = 9,523 \frac{cajas\ porta - medidores}{plancha\ de\ acero\ inoxidable}$$

Esto indica que se producirán en promedio 10 cajas porta-medidores de energía monofásicas por plancha de acero inoxidable en un periodo de 64 días.

➤ **Productividad de la mano de obra:**

A partir del nuevo indicador OEE, en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se obtendrán 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 16 días en jornadas laborales de 9 horas diarias con un total de 17 operarios laborando a lo largo de este periodo; por lo tanto la productividad de la mano de obra será igual a:

$$Productividad\ del\ material = \frac{8\ 000\ cajas\ porta - medidores}{9\ horas - 17\ hombres}$$

$$Productividad\ del\ material = 52,28 \frac{cajas\ porta - medidores}{hora - hombre}$$

Esto indica que se producirán 52 cajas porta-medidores de energía monofásicas por cada hora trabajada por parte del operario (hombre) en un periodo de 64 días.

➤ **Productividad de la energía:**

Como la presente tesis está enfocada sólo a las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía, se ha tomado en cuenta sólo el consumo de energía (Kwh) de estas máquinas industriales.

A partir del nuevo indicador OEE, en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se obtendrán 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en un periodo de 16 días, se habrá que utilizar un total de 2 880 000 000 J.

$$Productividad\ energía = \frac{8\ 000\ cajas\ porta - medidores}{11\ 520\ 000\ 000\ J}$$

$$Productividad\ energía = 6,94 \times 10^{-7} \frac{cajas\ porta - medidores}{J}$$

Esto indica que por cada Jule de energía utilizado se obtienen en promedio 0,000 000 697 cajas porta-medidores de energía monofásicas en un periodo de 64 días, para lo cual podemos decir que 1 caja porta-medidor se obtiene cada 1 440 000 Jules.

➤ **Eficiencia Física:**

A partir del nuevo indicador OEE, en la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se obtendrán 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas a partir de la entrada de 210 planchas de acero inoxidable y se debería emplear exactamente 201,5 planchas de acero inoxidable, por lo tanto la eficiencia física será igual a:

$$\text{Eficiencia física} = \frac{806 \text{ planchas de acero inoxidable}}{840 \text{ planchas de acero inoxidable}}$$
$$\text{Eficiencia física} = 0,9595 = 95,95\%$$

Esto nos indica que por cada 840 planchas de acero inoxidable utilizado, su aprovechamiento útil es de 806 planchas de acero inoxidable, luego se dejan de utilizar 34 planchas de acero inoxidable, que sale como producto defectuoso o como desecho en el proceso.

➤ **Eficiencia Económica:**

Para el cálculo de la eficiencia económica, se debió calcular el nuevo valor de la inversión, pero la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. lo considera como un dato confidencial, es por ello que no se ha procedido a calcular pero cabe mencionar, si se hubiera hallado el nuevo valor de la inversión, el valor de la eficiencia económica hubiera aumentado.

Finalmente, se procedió a calcular la productividad total del proceso productivo, pero primero se convertirán a unidades por unidad monetaria igual que en el inciso 3.1.2.5:

$$\text{Productividad del material} = 9,523 \frac{\text{cajas porta-medidores}}{\text{plancha de acero inoxidable}} \times \frac{\text{plancha}}{S / .135}$$

$$\text{Productividad del material} = 0,07 \cong 1 \text{ caja porta-medidor}$$

$$\text{Productividad de la mano de obra} = 52,28 \frac{\text{cajas porta-medidores}}{\text{hora-hombre}} \times \frac{\text{hora-h}}{S / .3,75}$$

$$\text{Productividad de la mano de obra} = 13,94 \cong 14 \text{ cajas porta-medidores}$$

$$\text{Productividad energía} = 6,94 \times 10^{-7} \frac{\text{cajas porta-medidores}}{J} \times \frac{J}{S / .1,259 \times 10^{-7}}$$

$$\text{Productividad energía} = 5,51 \cong 6 \text{ cajas porta-medidores}$$

Por lo cual, la productividad total del proceso será según la fórmula 4:

$$\text{Productividad total} = 1 + 14 + 6 = 21 \text{ cajas porta-medidores}$$

Esto nos indica que se producen 21 cajas porta-medidores de energía monofásicas por unidad monetaria (nuevo sol), es decir se tendrá un gasto de S/.0,047 nuevos soles por caja porta-medidor de energía monofásica. Entonces podremos concluir que ahora, el producir 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 64 días y laborando 9 horas por día, se obtendrá un total de 14 cajas porta-medidores aproximadamente por hora, haciendo que las 21 cajas se produzcan en 1,5 horas.

3.2.5. CUADRO COMPARATIVO DE LOS INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD

En la comparación de los indicadores de productividad, se pondrá más énfasis con respecto al número de días en que se podrían producir las 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, los cuales se muestran a continuación:

Cuadro 7. Comparación de indicadores de productividad de acuerdo al OEE actual y al OEE futuro

OEE Actual		OEE futuro	
Productividad de los materiales:	9 cajas porta-medidores por plancha	Productividad de los materiales:	10 cajas porta-medidores por plancha
Productividad de la mano de obra:	52 cajas porta-medidores por hora-hombre	Productividad de la mano de obra:	52 cajas porta-medidores por hora-hombre
Productividad de la energía:	1 caja porta-medidor por 1 569 888 Jules	Productividad de la energía:	1 caja porta-medidor por 1 440 000 Jules
Eficiencia física:	95,49%	Eficiencia física:	95,95%
Productividad total	11 cajas porta-medidores en 1 hora	Productividad total	14 cajas porta-medidores 1 hora

Fuente: Elaboración propia. 2015.

La comparación de los indicadores de productividad nos indica que por cada uno de los recursos utilizados, la productividad de los mismos aumentó debido a la propuesta del indicador OEE, por lo cual un pedido de producción de 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas se obtendrá ahora en 64 días.

Así mismo, la eficiencia física aumentó en un 0,46% porque se ahorraron recursos para obtener el mismo pedido de producción de cajas porta-medidores de energía monofásicas y finalmente, la productividad total de la industria metálica aumentó en 3 cajas porta-medidor de energía monofásicas, es decir hubo un incremento del 27,27% de productividad total.

3.3. ANÁLISIS COSTO - BENEFICIO

3.3.1. COSTO/INVERSIÓN

Por el hecho de ser ingeniero industrial, no se ha profundizado a detalle en la determinación del costo de la inversión para el respectivo caso (ya que esto generalmente lo ven los ingenieros mecánicos), es por ello que se ha considerado de una manera más global con el apoyo de un ingeniero industrial de la escuela (con experiencia en máquinas industriales en este tipo de industrias) y el apoyo del ingeniero mecánico de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

A continuación, se detallará el costo de inversión para cada una de las máquinas industriales que presentan una mayor importancia en el proceso productivo:

Tabla 26. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 3

Descripción	Cantidad	Costo / und	Sub-Total
Motor 3 Hp / 260 V	1	S/.1 100,00	S/.1 100,00
Eje para prensa 3	1	S/.35,00	S/.35,00
Sujetador AV -4 para el eje de prensa 3	1	S/.120,00	S/.120,00
		Total	S/.1 255,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Con respecto a los paros no planificados en la prensa 3, se decidió comprar un nuevo motor, ya que el actual está obsoleto porque ha estado circulando mucho tiempo con el lubricante sucio, ocasionando los constantes cambios de aceite. Estos inconvenientes se reflejan en un tiempo promedio 47,76 minutos de paro.

Así mismo, el eje de la prensa 3 se cambió por su mal estado debido a su constante rompimiento y se añadió un sujetador para que impida el movimiento del eje, y a su vez impida el montaje incorrecto de la pieza haciendo que salga un menor producto defectuoso o re-procesado.

Finalmente, el rompimiento frecuente del eje se solucionará con la compra del eje y, con respecto a la limpieza y engrase de la polea y el eje, al estar la polea en buena condición y al ser el eje nuevo, se emplearán los aditivos y lubricantes necesarios para el correcto mantenimiento de los mismos, previa coordinación con el ingeniero mecánico de la industria metálica.

Tabla 27. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 5

Descripción	Cantidad	Costo / und	Sub-Total
Eje para prensa 5	1	S/.45,00	S/.45,00
Sujetador AV -4 para el eje de prensa 3	1	S/.120,00	S/.120,00
Total			S/.165,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

El eje de la prensa 5 se cambió por su mal estado debido a que los constantes movimientos ocasionaron su rompimiento y, se añadió un sujetador para que impida el movimiento del eje e impida el montaje incorrecto de la pieza, haciendo que salga un menor porcentaje de producto defectuoso o re-procesado, por lo cual también debe capacitarse más al personal en el uso de estas máquinas industriales.

Finalmente, con respecto a la limpieza y engrase de la polea y el eje, al estar la polea en una buena condición y al ser el eje nuevo, se emplearán los aditivos y lubricantes necesarios para el correcto mantenimiento de los mismos, previa coordinación con el ingeniero mecánico de la industria metálica.

Tabla 28. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 6

Descripción	Cantidad	Costo / und	Sub-Total
Motor 4.5 Hp / 260 V	1	S/.2 200,00	S/.2 200,00
Eje para prensa 6	1	S/.60,00	S/.60,00
Sujetador AV -4 para el eje de prensa 6	1	S/.120,00	S/.120,00
Total			S/.2 380,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Se decidió comprar un nuevo motor, ya que el actual debido a la constante circulación de lubricante sucio, ocasionó que se encuentre obsoleto, ocasionando así los constantes cambios de aceite. Esto ocasionó que se tenga un total de 44,38 minutos de paros no planificados.

Así mismo, otra medida de reducir los paros no planificados, se decidió comprar un nuevo eje para la prensa 6, ya que este se cambió por su mal estado debido a su rompimiento constante y, se añadió posteriormente un sujetador para que impida el movimiento del eje e impida el montaje incorrecto de la pieza, haciendo que salga un menor porcentaje de producto defectuoso o re-procesado, por lo cual también debe capacitarse más al personal en el uso de estas máquinas industriales. Esta capacitación también servirá para la reducción de algunos paros planificados que se encuentren directamente relacionados con los no planificados, es decir, con respecto a ciertos permisos al baño y otros tipos de permisos que puedan surgir dentro del proceso.

Finalmente, con respecto a la limpieza y engrase de la polea y el eje, al estar la polea en una buena condición y al ser el eje nuevo, se emplearán los aditivos y lubricantes necesarios para el correcto mantenimiento de los mismos, previa coordinación con el ingeniero mecánico de la industria metálica.

Tabla 29. Costo de la inversión para la máquina industrial – Prensa 10

Descripción	Cantidad	Costo / und	Sub-Total
Eje para prensa 10	1	S/.50,00	S/.50,00
Sujetador AV -4 para el eje de prensa 10	1	S/.120,00	S/.120,00
Total			S/.170,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Con respecto a los paros no planificados, el motor se encuentra en condiciones para seguir operativo, es por ello que no se ha considerado en la inversión, es más el ingeniero mecánico deberá encargarse de la limpieza del motor.

Además, el eje de la prensa 10 se cambió por su mal estado debido a que los constantes movimientos ocasionaron su frecuente rompimiento y, se añadió un sujetador para que impida el movimiento del eje e impida el montaje incorrecto de la pieza, haciendo que salga un menor porcentaje de producto defectuoso o re-procesado, por lo cual también debe capacitarse más al personal en el uso de estas máquinas industriales. Así, los paros planificados disminuirían por el cambio de eje, ya que este no se moverá frecuentemente.

Finalmente, con respecto a la limpieza y engrase de la polea y el eje, al estar la polea en una buena condición y al ser el eje nuevo, se emplearán los aditivos y lubricantes necesarios para el correcto mantenimiento de los mismos, previa coordinación con el ingeniero mecánico de la industria metálica.

Tabla 30. Costo de la inversión para la máquina industrial – Guillotina 2

Descripción	Cantidad	Costo /und	Sub-Total
Polea tipo ascensor	1	S/.300,00	S/.300,00
Sujetador para las cuchillas tipo N	2	S/.25,00	S/.50,00
Total			S/.350,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Se procedió a comprar una nueva polea, ya que la actual está obsoleta por el tiempo en la que se encuentra en la industria metálica; así mismo se adquirió dos sujetadores para las cuchillas, para que así cuando se coloque la pancha de acero inoxidable, esta no se mueva a cada momento y se reduzcan estos tiempos de paros no planificados.

Así mismo, con respecto a la limpieza y engrase de la polea, al ser la polea nueva y estar en condiciones óptimas, se emplearán los aditivos y lubricantes necesarios para el correcto mantenimiento de la misma, previa coordinación con el ingeniero mecánico de la industria metálica.

Tabla 31. Costo total de la inversión en las máquinas industriales

Máquina industrial	Costo
Prensa 3	S/.1 255,00
Prensa 5	S/.165,00
Prensa 6	S/.2 380,00
Prensa 10	S/.170,00
Guillotina 2	S/.350,00
Total	S/.4 320,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Así mismo, se han considerado otros gastos que son necesarios para la inversión:

Tabla 32. Otros gastos para la inversión

Otros gastos de inversión	Costo
Capacitaciones al personal	S/.200,00
Transporte y flete	S/.300,00
Instalaciones de las implementaciones	S/.80,00
Total	S/.580,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Finalmente se ha elaborado la tabla 33, indicando el costo total de la inversión:

Tabla 33. Costo total de la inversión

Inversión	Costo
En máquinas industriales	S/.4 320,00
Otros gastos	S/.580,00
Total	S/.4 900,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

El costo total de la inversión es de S/.4 900,00 nuevos soles. Cabe acotar, con respecto a la tabla 32, el costo del transporte y flete, y el de la instalación; será por única vez. Así mismo, el costo de inversión de las capacitaciones será cada 6 meses.

3.3.2. BENEFICIO/AHORRO

El beneficio que se obtuvo fue el aumento de la productividad reduciendo ciertos recursos empleados, lo cual se reflejó en los indicadores de productividad, en la reducción del número de días para producir las (lo cual es importante para satisfacer aún más la demanda y cumplir con los pedidos de los clientes) y ahora se reflejará en cuestiones monetarias.

De acuerdo a la tabla 22, por cada lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas existe un ahorro perdido de S/.5 850,90 nuevos soles (el cual será un beneficio porque la producción acabará en un menor número de días y también se podrán obtener un menor número de unidades no conformes).

Además, se deberá considerar los beneficios de los demás recursos ahorrados a partir de un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores:

Tabla 34. Beneficio a partir del ahorro de insumos

Insumo	Cantidad	Costo / und	Sub-Total
Plancha acero inoxidable	1	S/.135,00	S/.135,00
Energía	259 776 000 J	S/.1,259 x10 ⁻⁷ /J	S/.32,71
Total			S/.167,71

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Por lo tanto, la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. tendrá un ahorro de S/.167,71 nuevos soles, a esto se le aumenta el ahorro de la tabla 22 por reducción de los paros no planificados de S/.5 850,90 nuevos soles, obteniendo así un ahorro económico total de S/.6 018,61 nuevos soles.

3.3.3. COSTO-BENEFICIO

Para el costo-beneficio, se ha procedido a elaborar un estado de ganancias y pérdidas por cada lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, para ello primero se ha procedido a calcular el costo de producción para las mismas a partir del costo de inversión por caja porta-medidor de energía monofásica y posteriormente el estado de ganancias y pérdidas:

Tabla 35. Costo de producción para un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas

Inversión por caja porta-medidor de energía	Costo total de producción
S/.19,70	S/.39 400,00

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Cabe indicar que el costo de inversión por cada caja porta-medidor de energía monofásica incluye los costos de mano de obra, materiales, energía, agua, insumos (madera, vidrio, cinta, etc.), otros gastos indirectos, etc.

Además, se considerará en el estado de ganancias y pérdidas el costo de mantenimiento que tiene la industria metálica actualmente de S/.350,00 nuevos soles al Ingeniero Mecánico por cada lote de producción de la industria metálica.

Finalmente, es importante considerar en un estado de ganancias y pérdidas la depreciación de la inversión para las máquinas industriales, este se halló restando el precio de compra menos el precio de venta dentro de un periodo de venta (se ha considerado 5 años); y luego se divide entre el número de lotes de producción que se pueden hacer por año con la nueva propuesta:

Tabla 36. Depreciación de la implementación de la inversión en base a un lote de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas

Depreciación				
Precio de compra	Precio de venta	Depreciación por año	Lotes de producción al año (N°)	Depreciación por lote de producción
S/.4 900,00	S/.612,50	S/.857,50	19	S/.45,13

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Tabla 37. Estado de Ganancias y Pérdidas

Estado de Ganancias y Pérdidas					
Rubro	Lote sin inversión	1er lote de producción	2do lote de producción	3er lote de producción	4to lote de producción
Beneficio / Ahorro		S/.6 018,61	S/.6 018,61	S/.6 018,61	S/.6 018,61
Ingreso venta	S/.45 400,00	S/.45 400,00	S/.45 400,00	S/.45 400,00	S/.45 400,00
TOTAL	S/.45 400,00	S/.51 418,61	S/.51 418,61	S/.51 418,61	S/.51 418,61
Costo de producción	S/.39 400,00	S/.39 400,00	S/.39 400,00	S/.39 400,00	S/.39 400,00
Inversión	S/.4 900,00				
Depreciación		S/.45,13	S/.45,13	S/.45,13	S/.45,13
Mantenimiento	S/.350,00	S/.350,00	S/.350,00	S/.350,00	S/.350,00
TOTAL	S/.44 650,00	S/.39 795,13	S/.39 795,13	S/.39 795,13	S/.39 795,13
UTILIDAD NETA	S/.750,00	S/.11 623,48	S/.11 623,48	S/.11 623,48	S/.11 623,48

Fuente: Elaboración propia. 2015.

De acuerdo al estado de ganancias y pérdidas, para un lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas (antes de empezar a producir con la mejora), se tendrá sólo una utilidad neta de S/.750,00 nuevos soles debido a la inversión realizada. Luego, a partir de la inversión realizada, la utilidad neta será de S/.11 623,48 nuevos soles. Finalmente, podemos decir que la utilidad neta actual de la industria metálica sin la inversión es de S/. 5 650,00 nuevos soles, por lo cual ahora la utilidad neta aumentará en S/.5 973,48 nuevos soles, es decir en un 105,72% más.

Finalmente, de una forma concisa se presenta el flujo de caja constituido por todos los nuevos ingresos y egresos que surgen a partir de la propuesta de inversión, para así compararlo con el flujo de caja actual de la industria metálica y lograr saber la ganancia total a partir de la propuesta de implementación:

Tabla 38. Flujo de caja actual

Flujo de caja					
Rubro	Lote sin inversión	1er lote producción	2do lote de producción	3er lote de producción	4to lote de producción
Ingreso	S/.45 400,00	S/.45 400,00	S/.45 400,00	S/.45 400,00	S/.45 400,00
Egreso	S/.39 750,00	S/.39 750,00	S/.39 750,00	S/.39 750,00	S/.39 750,00
Saldo caja	S/.5 650,00	S/.5 650,00	S/.5 650,00	S/.5 650,00	S/.5 650,00
Caja total	S/.5 650,00	S/.11 300,00	S/.16 950,00	S/.22 600,00	S/.28 250,00

Fuente: Área de Contabilidad de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. 2015.

Elaboración: Propia. 2015.

Tabla 39. Flujo de caja futuro

Flujo de caja					
Rubro	Lote sin inversión	1er lote producción	2do lote de producción	3er lote de producción	4to lote de producción
Ingreso	S/.45 400,00	S/.51 418,61	S/.51 418,61	S/.51 418,61	S/.51 418,61
Egreso	S/.44 650,00	S/.39 795,13	S/.39 795,13	S/.39 795,13	S/.39 795,13
Saldo caja	S/.750,00	S/.11 623,13	S/.11 623,13	S/.11 623,13	S/.11 623,13
Caja total	S/.750,00	S/.12 373,13	S/.23 996,26	S/.35 619,39	S/.47 242,52

Fuente: Elaboración propia. 2015.

Tabla 40. Comparación del flujo de caja actual y futuro a partir de la inversión

Flujo de caja futuro y actual					
Rubro	Lote sin inversión	1er lote producción	2do lote de producción	3er lote de producción	4to lote de producción
Futuro	S/.750,00	S/.12 373,13	S/.23 996,26	S/.35 619,39	S/.47 242,52
Actual	S/.5 650,00	S/.11 300,00	S/.16 950,00	S/.22 600,00	S/.28 250,00
Saldo	- S/.4 890,00	S/.1 073,13	S/.7 046,26	S/.13 019,39	S/.18 992,52

Fuente: Elaboración propia. 2015.

La tabla 40, nos indica que el saldo económico de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. antes de existir un lote de producción con la inversión no es favorable, ya que existe una pérdida de S/.4 890,00 nuevos soles (si lo comparamos al flujo acumulado actual de S/.5 650,00 nuevos soles), ya que tendrá que afrontar el costo de la inversión, es por ello que se obtiene sólo un flujo de caja acumulado futuro de S/.750,00 nuevos soles.

Después de la inversión propuesta, en el primer lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, se ha recuperado lo invertido totalmente, y no sólo eso; sino que se ha obtenido un flujo de caja futuro de S/.12 373,13 nuevos soles, el cual es mayor al del flujo de caja actual de S/.11 300,00 nuevos soles, obteniendo así un saldo de ganancia mayor de S/. 1 073,13 nuevos soles, es decir un 9,49% más.

Finalmente, podemos concluir que la inversión no sólo se recuperará en 16 días después de la implementación, sino que a partir de la misma se obtendrá un beneficio económico que la industria metálica podrá comparar de acuerdo al flujo de caja acumulado actual y futuro, ya que por cada lote de producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas, se presenta un beneficio mayor al actual, reflejándose en los saldos de la tabla 40; el cual seguirá aumentando en los próximos lotes de producción de cajas porta-medidores de energía monofásicas.

IV. CONCLUSIONES

- Con respecto al diagnóstico de la situación actual de las máquinas industriales y del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, se obtuvo que actualmente en el proceso productivo se producen 11 cajas porta-medidores de energía por hora, además, se identificó que uno de los mayores problemas que se presentan en las máquinas industriales, se dan por una mala disponibilidad (mano de obra), un mal rendimiento (máquinas) y una mala calidad (métodos de trabajo y ambiente) al momento de operar de las mismas.
- Al proponer la aplicación del indicador OEE para aumentar la productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas, se logró reducir de 76 días de trabajo a 64 días de trabajo, con ello se podrá producir ahora las 8 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas en 12 días menos, haciendo que los indicadores de productividad aumenten y, a su vez la eficiencia física aumente en un 0,46%, porque se ahorraron recursos como planchas de acero inoxidable y energía empleada.
- El cálculo de la criticidad de las máquinas industriales se complementó con el indicador OEE, ya que el mismo nos indicó las máquinas semi-críticas dentro del proceso productivo y el indicador OEE corroboró de una forma más exacta dicha afirmación. Además, este indicador al enfocarse sólo en las máquinas que ocasionan una baja productividad en el proceso productivo, es lo que lo diferencia de un mantenimiento global, ya que este último incurre en más costos al incluir la mayoría de máquinas y no se enfoca en las que ocasionan dicho inconveniente.
- El OEE de las máquinas industriales que tienen una mayor importancia dentro del proceso productivo, que a su vez fueron las que estaban por debajo de los valores del “World Class”, incrementaron en un 10% por el aumento del OEE por mejora global relacionado con la reducción de paros no planificados, esto ocasionó que el OEE actual de 82,06% aumente a 87,74%. Es decir, existió un incremento de 5,68% logrando así que el OEE del proceso productivo de las máquinas industriales llegue al valor “World Class” y por ende la industria metálica será más competitiva reflejándose en los nuevos indicadores de productividad.
- La productividad del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas aumentó en un 27,27%. Este porcentaje de aumento de productividad total indica que ahora se producirán 3 cajas porta-medidores más en 1 hora (14 en total), haciendo que se produzca la misma cantidad de productos pero reduciendo recursos empleados y en 3 días menos de producción, lo cual es importante para satisfacer aún más la demanda y cumplir con los pedidos de los clientes.

- En cuanto al costo–beneficio, se tendrá que invertir un total de S/.4 900,00 nuevos soles, para así obtener un ahorro económico de S/.6 018,61 nuevos soles por cada lote de producción y por ende tener un incremento en la productividad total del proceso productivo. Este ahorro económico, reflejará una utilidad neta de S/.11 623,48 nuevos soles, el cual presenta un incremento de S/.5 973,18 nuevos soles, es decir un 105,72% más a comparación de la utilidad neta actual cuyo valor es de S/.5 650,00 nuevos soles.

- A partir de la comparación de los flujos de caja actual y futuro de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L., se pudo determinar que la inversión a realizar se recuperará en 16 días, y que el flujo de caja futuro acumulado tendrá un mayor beneficio económico que el actual, reflejándose en un saldo mayor en el futuro.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda enfocarse sólo en estas máquinas industriales que actualmente estén generando los mayores inconvenientes dentro del proceso productivo, para así obtener un costo total menor respecto a un mantenimiento global a todas las máquinas.
- Es importante que se analice primero la criticidad de las máquinas para lograr saber cuáles son las máquinas industriales que presentan una mayor importancia en el proceso productivo, para que posteriormente mediante el cálculo del indicador OEE (previamente teniendo bien identificado los paros planificados y no planificados dentro del proceso productivo), corroborar en conjunto cuáles son las máquinas industriales a las que se les debe poner un mayor énfasis dentro del proceso productivo.
- El artículo científico del señor Galarza: “Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM)”, servirá como base para otras tesis sobre alguna propuesta de aplicación del indicador OEE, ya que el 13% reflejado de mejora global por cada máquina industrial en su artículo científico es similar al porcentaje por reducción de paros no planificados, para su aplicación dependerá del porcentaje de error que cada autor pueda obtener.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belohlavek, Peter. Overall Equipment Effectiveness. Rusia: Blue Eagle Group., 2009.
- Cabrera, E y otros. “Overall Equipment Effectiveness (OEE) Diagnosis and improving in a Small Business as an Essential tool for Business Competitiveness”, ISCA, México, Junio 2013.
- CEPAL, catálogo: “Eficiencia y su medición en prestadores de servicios”, www.eclac.cl/publicaciones/xml/8/42728/Lcw385e.pdf, Febrero 2011.
- Cruelles, José. La teoría de la medición del despilfarro. Toledo: Reverté-Aguilar, S.L., 2010.
- Cruelles, José. Productividad e incentivos: cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan. Toledo: Marcombo S.A., 2012.
- Dhake, R. “TPM review and oee measurement in a fabricated parts manufacturing company”, IJREAS, India, Febrero 2012.
- Eleveli, Sermin. “Performance Measurement of MiningEquipments by Utilizing OEE”, Acta Montanistica Slovaca, Turquía, Febrero 2010.
- Galarza, Patricio. “Aplicación de un Proceso de Mejora Continua en un Taller Mecánico Utilizando la Técnica de Mantenimiento Productivo Total (TPM)”, ESPOL, Ecuador, Julio 2010.
- García, Santiago. “Organización y Gestión integral del Mantenimiento”. Madrid: Díaz Santos S.A., 2003.
- Gresham, Robert. Totten, George. Lubrication and Maintenance of Industrial Machinery. USA: Taylor and Francis Group, 2009.
- INEGI, catálogo: “El ABC de los indicadores de productividad”, <http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/espanol/metodologias/otras/abc-prod.pdf>, Octubre 2011.
- Jain, Sanjay. Parihar, Soniya. “Calculation of OEE for an Assembly Process”, IJIRMET, India, Julio 2012.
- Kardas, E. “Evaluation of efficiency of working time of equipment in blast furnace department”, JAMME, Polonia, Diciembre 2012.

- Muhammad, Abdus. Muhammed, Rifat. “Analysis of Performance by Overall Equipment Effectiveness of the CNC Cutting Section of a Shipyard”, ARPNI, India, Diciembre 2012.
- Nayak, Disha. “Evaluation of OEE in a continuous process industry on an insulation line in a cable manufacturing unit”, IJRSET, India, Mayo 2013.
- SIN. Catálogo: “Industria metal mecánica 2013”, <http://www.cmm.org.pe/documentos/CATALOGO%20INDUSTRIA%20METAL%20MECANICA%202013.pdf>, Julio 2013.
- Valderrama, Jose. “Información Tecnológica”, CONICYT, La Serena, 2003.

ANEXOS

Anexo 1

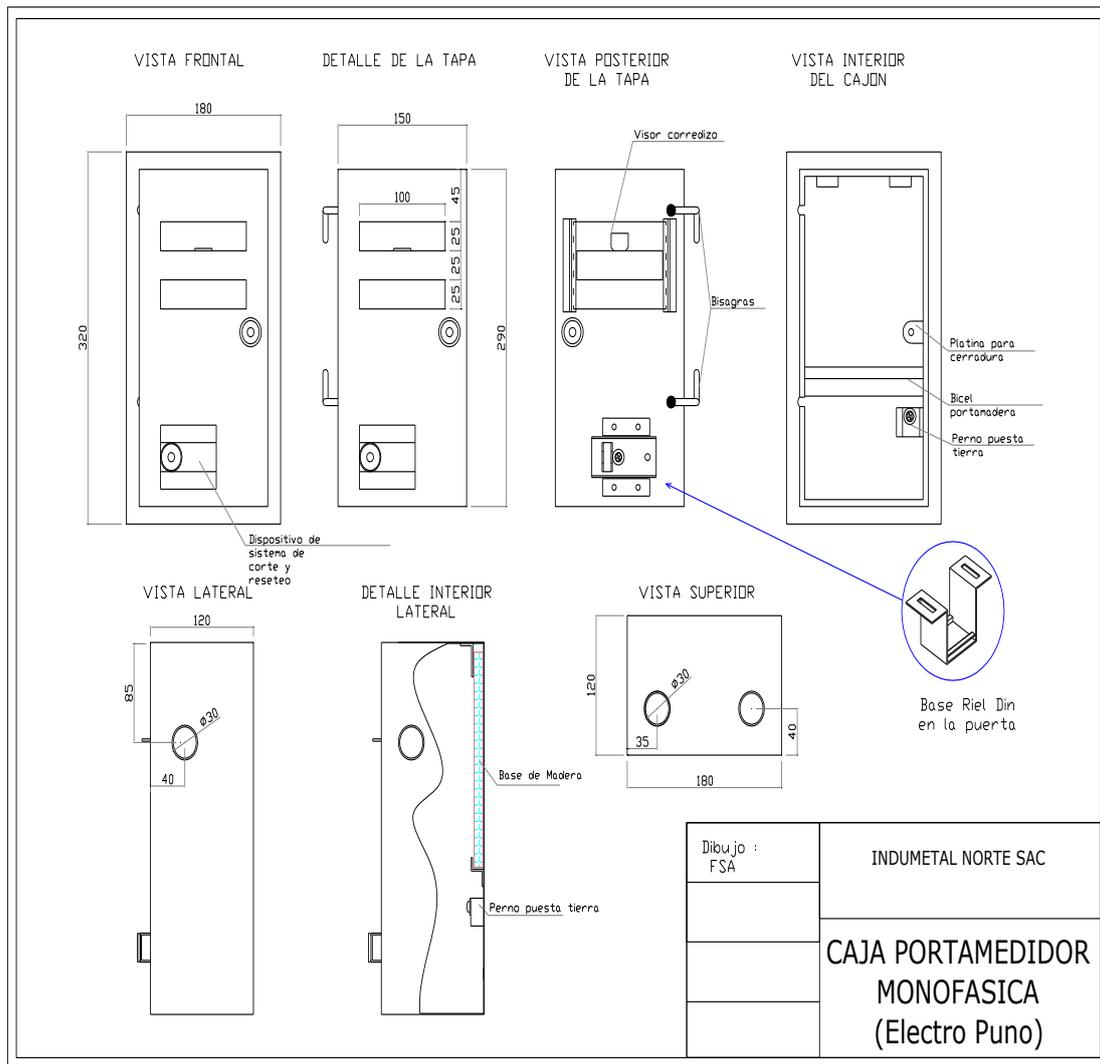


Figura 5. Vistas y medidas de la caja porta-medidor de energía monofásica

Fuente: Industria Metálica CERINSA E.I.R.L. 2014.

Anexo 2

Máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas



Figura 6. Prensa Mecánica

Fuente: Elaboración propia. 2014.



Figura 7. Distracción del operario

Fuente: Elaboración propia. 2014.



Figura 8. Máquina YSD
Fuente: Elaboración propia. 2014.



Figura 9: Unidades defectuosas del proceso de cajas porta-medidores de energía monofásicas
Fuente: Elaboración propia. 2014.

Anexo 3

Evidenciación del tiempo total de paradas de la prensa 12 en la etapa de uñas para corredizo del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Fecha: 17 de Agosto del 2013		Cajas porta-medidores de energía monofásica						
		Resumen						
Máquina: Prensa 12 (Shuler)	Actividad	Actual						
	Operación ●	13						
Actividad: Uñas para corredizo	Transporte ➡							
	Espera ◐	1						
Área: Producción	Inspección ■	3						
	Almacena ▼							
	Tiempo	3hr y 31'						
Descripción	Hora	Tiempo (min.)	Símbolo				Observación	
MARCHA	09:03 am	29' 15"	●	□	➡	◐	▼	
PARO,	09:32 am	2' 04"	●	□	➡	◐	▼	Aceitar máquina
MARCHA	09:34 am	25' 12"	●	□	➡	◐	▼	
PARO,	09:59 am	2' 11"	●	□	➡	◐	▼	Aceitar máquina
MARCHA	10: 02 am	13' 04"	●	□	➡	◐	▼	
PARO	10:15 am	3' 52"	●	■	➡	◐	▼	Se verificó piezas
MARCHA	10:18 am	21' 06'	●	□	➡	◐	▼	
PARO,	10:39 am	1' 33"	○	□	➡	◐	▼	Ida al baño del operario
MARCHA	10:41 am	20'41"	●	□	➡	◐	▼	
PARO	11:02 am	3' 26"	●	□	➡	◐	▼	limpieza de rodillo
MARCHA	11:05 am	11' 58"	●	□	➡	◐	▼	
PARO	11:15 am	3' 47"	●	■	➡	◐	▼	Se verificó piezas
MARCHA	11:19 am	22' 11'	●	□	➡	◐	▼	
PARO,	11:42 am	1' 31"	●	□	➡	◐	▼	Aceitar máquina
MARCHA	11:44 pm	21' 19"	●	□	➡	◐	▼	
PARO,	12:28 pm	3' 37"	●	■	➡	◐	▼	Se verificó piezas
TOTAL	Tiempo de trabajo 3 hr 31'	Tiempo de paro 20' 48"						

Fuente: Área de producción de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.
Elaboración: Propia. 2014.

Anexo 4

Tabla 41. Energía empleada por las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

Nombre	Tipo	Potencia (HP)	Consumo en Kw	Horas trabajadas	Consumo por horas trabajas (Kwh)	Precio unitario S/. / Kwh	Consumo en soles (S/.)
Máquina cortadora 1	Cortado	3	2,237	5,50	12,30	0,453 3	5,58
Guillotina 1	Cortado	2	1,491	5,80	8,65	0,453 3	3,92
Guillotina 2	Cortado	3	2,237	13,50	30,20	0,453 3	13,69
YSD	Dobladora	7,5	5,593	12,32	68,90	0,453 3	31,23
Prensa 1 - Ambold	Prensa	5	3,728	25,10	93,59	0,453 3	42,42
Prensa 2	Prensa	2	1,491	17,78	26,52	0,453 3	12,02
Prensa 3	Prensa	3	2,237	26,70	59,73	0,453 3	27,08
Prensa 4	Prensa	3	2,237	28,53	63,82	0,453 3	28,93
Prensa 5	Prensa	1	0,746	14,97	11,16	0,453 3	5,06
Prensa 6	Prensa	4,5	3,356	34,68	116,37	0,453 3	52,75
Prensa 7	Prensa	4	2,983	44,98	134,17	0,453 3	60,82
Prensa 9 - Perfiladora	Prensa	2	1,491	32,30	48,17	0,453 3	21,84
Prensa 10	Prensa	3	2,237	30,27	67,72	0,453 3	30,70
Prensa 11	Prensa	2	1,491	3,63	5,41	0,453 3	2,45
Prensa neumática - Schuler	Prensa	7	5,220	24,03	125,43	0,453 3	56,86
					872,16		395,348

Elaboración: Propia. 2014.

Nota: Tabla elaborada en base a una producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas.

Anexo 5

Tabla 42. Energía empleada por las máquinas industriales utilizadas en el proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas después del nuevo indicador OEE

Nombre	Tipo	Potencia (HP)	Consumo en Kw	Horas trabajadas	Consumo por horas trabajadas (Kwh)	Precio unitario S/. / Kwh	Consumo en soles (S/.)
Máquina cortadora 1	Cortado	3	2,237	5,50	12,30	0,453 3	5,58
Guillotina 1	Cortado	2	1,491	5,80	8,65	0,453 3	3,92
Guillotina 2	Cortado	3	2,237	7,65	17,11	0,453 3	7,76
YSD	Dobladora	7,5	5,593	12,32	68,90	0,453 3	31,23
Prensa 1 - Ambold	Prensa	5	3,728	25,10	93,59	0,453 3	42,42
Prensa 2	Prensa	2	1,491	17,78	26,52	0,453 3	12,02
Prensa 3	Prensa	3	2,237	17,57	39,30	0,453 3	17,81
Prensa 4	Prensa	3	2,237	28,53	63,82	0,453 3	28,93
Prensa 5	Prensa	1	0,746	12,69	9,46	0,453 3	4,29
Prensa 6	Prensa	4,5	3,356	27,68	92,88	0,453 3	42,10
Prensa 7	Prensa	4	2,983	44,98	134,17	0,453 3	60,82
Prensa 9 - Perfiladora	Prensa	2	1,491	32,30	48,17	0,453 3	21,84
Prensa 10	Prensa	3	2,237	24,27	54,29	0,453 3	24,61
Prensa 11	Prensa	2	1,491	3,63	5,41	0,453 3	2,45
Prensa neumática - Schuler	Prensa	7	5,220	24,03	125,43	0,453 3	56,86
					800		362,641

Elaboración: Propia. 2015.

Nota: Tabla elaborada en base a una producción de 2 000 cajas porta-medidores de energía monofásicas.

Anexo 6

Cuadro 8. Horas utilizadas de operación versus el número de piezas fabricadas en cada etapa del proceso productivo de las cajas porta-medidores de energía monofásicas dentro del 1er semestre de los años 2012 y 2013

Año	Etapas del proceso productivo	Horas utilizadas de operación de las máquinas industriales						Cantidad de piezas fabricadas por las horas utilizadas					
		Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
2012	Costados	111	115	114	112	113	112	3 344	3 354	3 351	3 350	3 350	3 352
	Porta omegas	27	31	30	31	30	29	3 792	3 810	3 805	3 802	3 799	3 794
	Bisagras	35	34	30	32	30	34	3 494	3 500	3 498	3 502	3 504	3 502
	Cascos	22	26	24	25	27	25	3 716	3 720	3 719	3 719	3 722	3 721
	Sombreros	12	14	12	15	16	15	3 498	3 502	3 504	3 500	3 498	3 500
	Uña para corredizos	15	18	16	17	17	16	2 899	2 904	2 904	2 890	2 898	2 903
	Omegas	18	19	17	19	18	20	2 899	2 902	2 900	2 902	2 898	2 896
	Corredizos	19	20	18	19	20	22	2 749	2 750	2 749	2 752	2 752	2 750
	Tapas	54	56	53	55	54	55	2 322	2 320	2 318	2 324	2 321	2 317
	Riel Din	22	26	24	24	25	27	2 269	2 268	2 271	2 270	2 269	2 272
	Cuerpos	138	140	142	141	139	140	2 593	2 590	2 594	2 588	2 586	2 587
	Platinas	2	2	3	2	3	2	2 500	2 499	2 497	2 501	2 500	2 502
	Porta vidrios	46	47	46	46	47	47	1 951	1 950	1 949	1 952	1 950	1 949
	Porta maderas	15	14	12	16	12	15	1 650	1 648	1 649	1 650	1 652	1 651
Bocina de bisagras	38	41	39	39	40	41	1 099	1 098	1 101	1 100	1 099	1 101	
2013	Costados	114	115	113	114	115	116	4 068	4 070	4 070	4 069	4 068	4 072
	Porta omegas	29	32	30	31	32	30	3 697	3 702	3 701	3 700	3 699	3 701
	Bisagras	37	38	39	37	38	40	3 300	3 299	3 297	3 303	3 300	3 298
	Cascos	31	28	29	32	33	30	3 148	3 151	3 150	3 149	3 153	3 149
	Sombreros	16	16	17	15	14	16	3 100	3 099	3 098	3 099	3 100	3 102
	Uña para corredizos	18	19	20	19	18	20	2 799	2 800	2 802	2 798	2 801	2 800
	Omegas	21	19	20	20	21	22	2 730	2 728	2 729	2 730	2 732	2 731
	Corredizos	20	22	19	22	22	24	2 649	2 651	2 650	2 649	2 648	2 650
	Tapas	60	59	63	59	62	66	2 165	2 164	2 165	2 164	2 162	2 167
	Riel Din	26	27	26	28	27	30	2 112	2 114	2 116	2 114	2 115	2 117
	Cuerpos	168	165	167	168	169	170	2 015	2 014	2 014	2 015	2 016	2 017
	Platinas	3	4	4	2	3	4	1 999	2 000	1 998	2 003	1 997	2 000
	Porta vidrios	47	46	49	50	50	52	1 900	1 899	1 900	1 900	1 901	1 902
	Porta maderas	16	15	16	13	14	17	1 522	1 520	1 521	1 520	1 519	1 518
Bocina de bisagras	35	36	35	38	37	39	1 100	1 098	1 099	1 100	1 102	1 102	

Fuente: Área de producción de la Industria Metálica CERINSA E.I.R.L.

Elaboración: Propia. 2014.

Anexo 7

Tabla 43. Cálculo del indicador OEE en la etapa de cuerpos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE LOS CUERPOS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES /HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	24/02/2014	Máquina cortadora 1	08:15	13:00	04:45	00:14:24	00:13:49	04:30:36	04:16:47	94.894%	08:15	10:45	02:30	2.50	278	286	661	15	676	94.545%	97.781%	87.73%
Tarde	24/02/2014	Guillotina 1	15:15	19:00	03:45	00:10:47	00:25:11	03:34:13	03:09:02	88.244%	15:15	19:00	03:45	3.75	378	396	1398	19	1417	95.421%	98.659%	83.07%
Mañana	25/02/2014	Guillotina 1	08:15	13:00	04:45	00:09:39	00:14:37	04:35:21	04:20:44	94.692%	08:20	09:53	01:33	1.55	395	396	582	8	590	96.123%	98.644%	89.79%
Mañana	25/02/2014	Prensa 5	08:15	13:00	04:45	00:11:41	00:18:12	04:33:19	04:15:07	93.341%	08:15	12:25	04:10	4.17	357	366	1360	47	1407	92.262%	96.660%	83.24%
Mañana	25/02/2014	Prensa 6	08:15	13:00	04:45	00:19:31	00:39:03	04:25:29	03:46:26	85.291%	09:20	12:38	03:18	3.30	445	458	1311	29	1340	88.660%	97.836%	73.98%
Mañana	25/02/2014	Prensa 7	08:15	13:00	04:45	00:11:18	00:16:51	04:33:42	04:16:51	93.844%	09:50	13:00	03:10	3.17	329	344	1001	38	1039	95.379%	96.343%	86.23%
Mañana	25/02/2014	Prensa 10	08:15	13:00	04:45	00:12:22	00:16:06	04:32:38	04:16:32	94.095%	10:40	13:00	02:20	2.33	277	291	623	38	661	97.349%	94.251%	86.33%
Tarde	25/02/2014	Prensa 5	15:08	19:00	03:52	00:09:12	00:19:43	03:42:48	03:23:05	91.151%	15:10	17:10	02:00	2.00	357	366	640	35	675	92.213%	94.815%	79.69%
Tarde	25/02/2014	Prensa 6	15:08	19:00	03:52	00:11:07	00:16:31	03:40:53	03:24:22	92.522%	15:50	17:36	01:46	1.77	447	458	689	23	712	87.995%	96.770%	78.79%
Tarde	25/02/2014	Prensa 7	15:08	19:00	03:52	00:11:28	00:12:41	03:40:32	03:27:51	94.249%	15:30	18:34	03:04	3.07	344	344	999	29	1028	97.447%	97.179%	89.25%
Tarde	25/02/2014	Prensa 10	15:08	19:00	03:52	00:13:02	00:20:10	03:38:58	03:18:48	90.790%	15:08	19:00	03:52	3.87	289	291	1071	46	1117	99.271%	95.882%	86.42%
Tarde	25/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:08	19:00	03:52	00:08:52	00:13:29	03:43:08	03:29:39	93.957%	15:10	19:00	03:50	3.83	230	232	828	20	848	95.352%	97.642%	87.48%
Mañana	26/02/2014	Prensa 10	08:10	13:00	04:50	00:06:16	00:06:22	04:43:44	04:37:22	97.756%	08:20	09:30	01:10	1.17	289	291	306	11	317	93.373%	96.530%	88.11%
Mañana	26/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:10	13:00	04:50	00:11:37	00:18:43	04:38:23	04:19:40	93.277%	08:15	13:00	04:45	4.75	232	232	1056	12	1068	96.915%	98.876%	89.38%
Tarde	26/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:10	19:00	03:50	00:06:15	00:03:56	03:43:45	03:39:49	98.242%	15:10	15:33	00:23	0.38	228	232	79	5	84	94.453%	94.048%	87.27%
Tarde	27/02/2014	YSD	15:10	19:00	03:50	00:27:10	00:14:52	03:22:50	03:07:58	92.671%	15:13	19:00	03:47	3.78	174	177	603	10	613	91.540%	98.369%	83.45%
Mañana	28/02/2014	YSD	08:15	13:00	04:45	00:23:41	00:14:38	04:21:19	04:06:41	94.400%	08:18	13:00	04:42	4.70	177	177	782	15	797	95.805%	98.118%	88.74%
Tarde	28/02/2014	YSD	15:10	19:00	03:50	00:22:24	00:17:54	03:27:36	03:09:42	91.378%	15:10	19:00	03:50	3.83	174	177	615	8	623	91.820%	98.716%	82.83%
Mañana	13/03/2014	Máquina cortado 1	08:13	13:00	04:47	00:12:46	00:13:19	04:34:14	04:20:55	95.144%	08:13	10:41	02:28	2.47	286	286	678	15	693	98.233%	97.835%	91.44%
Tarde	13/03/2014	Guillotina 1	15:11	19:00	03:49	00:11:02	00:22:52	03:37:58	03:15:06	89.509%	15:19	19:00	03:41	3.68	394	396	1399	23	1422	97.491%	98.383%	85.85%
Mañana	14/03/2014	Guillotina 1	08:14	13:00	04:46	00:08:52	00:17:21	04:37:08	04:19:47	93.739%	08:14	09:46	01:32	1.53	396	396	586	20	606	99.802%	96.700%	90.47%
Mañana	14/03/2014	Prensa 5	08:14	13:00	04:46	00:12:57	00:18:43	04:33:03	04:14:20	93.145%	08:21	13:00	04:39	4.65	366	366	1497	62	1559	91.604%	96.023%	81.93%
Mañana	14/03/2014	Prensa 6	08:14	13:00	04:46	00:17:21	00:35:10	04:28:39	03:53:29	86.910%	09:16	12:31	03:15	3.25	458	458	1401	37	1438	96.607%	97.427%	81.80%
Mañana	14/03/2014	Prensa 7	08:14	13:00	04:46	00:13:04	00:13:35	04:32:56	04:19:21	95.023%	09:58	13:00	03:02	3.03	340	344	996	34	1030	98.709%	96.699%	90.70%
Mañana	14/03/2014	Prensa 10	08:14	13:00	04:46	00:15:33	00:17:27	04:30:27	04:13:00	93.548%	10:42	13:00	02:18	2.30	290	291	624	31	655	97.863%	95.267%	87.22%
Tarde	14/03/2014	Prensa 5	15:09	19:00	03:51	00:08:19	00:17:56	03:42:41	03:24:45	91.947%	15:11	17:03	01:52	1.87	363	366	627	22	649	94.994%	96.610%	84.38%
Tarde	14/03/2014	Prensa 6	15:09	19:00	03:51	00:10:15	00:14:41	03:40:45	03:26:04	93.348%	15:47	17:10	01:23	1.38	451	458	554	26	580	91.545%	95.517%	81.63%
Tarde	14/03/2014	Prensa 7	15:09	19:00	03:51	00:12:11	00:09:59	03:38:49	03:28:50	95.438%	15:33	18:36	03:03	3.05	342	344	1003	23	1026	97.789%	97.758%	91.24%
Tarde	14/03/2014	Prensa 10	15:09	19:00	03:51	00:11:12	00:17:01	03:29:48	03:22:47	92.258%	15:13	19:00	03:47	3.78	291	291	1002	39	1041	94.555%	96.254%	83.97%
Tarde	14/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:09	19:00	03:51	00:11:50	00:12:41	03:39:10	03:26:29	94.213%	15:09	19:00	03:51	3.85	231	232	865	14	879	98.410%	98.407%	91.24%
Mañana	15/03/2014	Prensa 10	08:19	13:00	04:41	00:07:52	00:08:44	04:33:08	04:24:24	96.803%	08:19	09:31	01:12	1.20	289	291	331	8	339	97.079%	97.640%	91.76%
Mañana	15/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:19	13:00	04:41	00:09:18	00:16:33	04:31:42	04:15:09	93.909%	08:12	13:00	04:48	4.80	230	232	1092	6	1098	98.599%	99.454%	92.09%
Mañana	17/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:12	13:00	04:48	00:05:08	00:03:24	04:42:52	04:39:28	98.798%	08:17	08:29	00:12	0.20	232	232	45	1	46	99.138%	97.826%	95.82%
Mañana	17/03/2014	YSD	08:12	13:00	04:48	00:24:41	00:13:55	04:23:19	04:09:24	94.715%	08:13	13:00	04:47	4.78	177	177	791	17	808	95.435%	97.896%	88.49%
Tarde	17/03/2014	YSD	15:13	19:00	03:47	00:20:52	00:15:16	03:26:08	03:10:52	92.594%	15:16	19:00	03:44	3.73	175	177	623	11	634	95.944%	98.265%	87.30%
Mañana	18/03/2014	YSD	08:14	13:00	04:46	00:22:19	00:14:48	04:23:41	04:08:53	94.387%	08:18	11:45	03:27	3.45	177	177	569	13	582	95.308%	97.766%	87.95%
Mañana	04/04/2014	Máquina cortado 1	08:14	13:00	04:46	00:13:17	00:14:42	04:32:43	04:18:01	94.610%	08:14	10:49	02:35	2.58	285	286	688	9	697	94.338%	97.700%	88.10%
Tarde	04/04/2014	Guillotina 1	15:14	19:00	03:46	00:12:28	00:19:49	03:33:32	03:13:43	90.720%	16:36	19:00	02:24	2.40	396	396	894	16	910	95.749%	98.242%	85.34%
Mañana	05/04/2014	Guillotina 1	08:23	13:00	04:37	00:16:02	00:21:30	04:20:58	03:59:28	91.761%	08:23	11:29	03:06	3.10	394	396	1161	21	1182	96.285%	98.223%	86.78%
Mañana	07/04/2014	Prensa 5	08:17	13:00	04:43	00:14:31	00:20:13	04:28:29	04:08:16	92.470%	08:17	13:00	04:43	4.72	361	366	1627	47	1674	96.970%	97.192%	87.15%
Mañana	07/04/2014	Prensa 6	08:17	13:00	04:43	00:13:25	00:31:03	04:29:35	03:58:32	88.482%	09:20	12:22	03:02	3.03	455	458	1332	34	1366	98.325%	97.511%	84.83%
Mañana	07/04/2014	Prensa 7	08:17	13:00	04:43	00:15:42	00:27:18	04:27:18	04:14:56	95.373%	10:08	13:00	02:52	2.87	344	344	921	32	953	96.640%	96.642%	89.07%
Mañana	07/04/2014	Prensa 10	08:17	13:00	04:43	00:14:51	00:15:54	04:28:09	04:12:15	94.070%	10:46	13:00	02:14	2.23	289	291	603	28	631	97.092%	95.563%	87.28%
Tarde	07/04/2014	Prensa 5	15:07	19:00	03:53	00:07:49	00:14:38	03:50:33	03:45:11	93.502%	15:12	17:07	01:55	1.92	364	366	631	19	650	92.659%	97.077%	84.10%
Tarde	07/04/2014	Prensa 6	15:07	19:00	03:53	00:09:46	00:13:16	03:43:14	03:29:58	94.057%	15:50	17:18	01:28	1.47	456	458	619	22	641	95.425%	96.568%	86.67%

Tabla 44. Cálculo del indicador OEE en la etapa de bocina de bisagras del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE LA BOCINA DE BISAGRAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	24/02/2014	Prensa 2	08:15	13:00	04:45	00:18:43	00:23:49	04:26:17	04:02:28	91.056%	08:30	13:00	04:30	4.50	474	481	1988	39	2027	93.647%	98.076%	83.6%
Tarde	24/02/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:15	19:00	03:45	00:20:12	00:11:43	03:24:48	03:13:05	94.279%	15:15	18:42	03:27	3.45	408	411	1323	11	1334	94.079%	99.175%	88.0%
Mañana	13/03/2014	Prensa 2	08:13	13:00	04:47	00:17:18	00:21:07	04:29:42	04:08:35	92.170%	08:36	13:00	04:24	4.40	481	481	2017	26	2043	96.532%	98.727%	87.8%
Tarde	13/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:11	19:00	03:49	00:15:56	00:13:31	03:33:04	03:19:33	93.656%	15:19	18:38	03:19	3.32	410	411	1314	14	1328	97.421%	98.946%	90.3%
Mañana	04/04/2014	Prensa 2	08:14	13:00	04:46	00:17:40	00:20:13	04:28:20	04:08:07	92.466%	08:32	13:00	04:28	4.47	481	481	2012	22	2034	94.672%	98.918%	86.6%
Tarde	04/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:14	19:00	03:46	00:14:41	00:12:59	03:31:19	03:18:20	93.856%	15:22	18:42	03:20	3.33	410	411	1318	13	1331	97.153%	99.023%	90.3%
Mañana	14/04/2014	Prensa 2	08:13	13:00	04:47	00:18:27	00:23:24	04:28:33	04:05:09	91.287%	08:35	13:00	04:25	4.42	479	481	1979	36	2015	94.850%	98.213%	85.0%
Tarde	14/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:12	19:00	03:48	00:20:51	00:11:36	03:27:09	03:15:33	94.400%	15:16	18:42	03:26	3.43	409	411	1322	9	1331	94.324%	99.324%	88.4%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 45. Cálculo del indicador OEE en la etapa de platinas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE PLATINAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Tarde	24/02/2014	Prensa 2	15:15	19:00	03:45	00:06:38	00:11:14	04:36:48	03:38:22	94.856%	15:15	16:21	01:06	1.10	478	481	500	8	508	96.012%	98.425%	89.6%
Tarde	13/03/2014	Prensa 2	15:11	19:00	03:49	00:06:13	00:10:48	03:42:47	03:31:59	95.152%	15:11	16:18	01:07	1.12	479	481	507	12	519	96.627%	97.688%	89.8%
Tarde	04/04/2014	Prensa 2	15:14	19:00	03:46	00:05:58	00:09:59	03:40:02	03:30:03	95.463%	15:15	16:21	01:06	1.10	480	481	500	7	507	95.823%	98.619%	90.2%
Tarde	14/04/2014	Prensa 2	15:13	19:00	03:47	00:06:07	00:09:26	03:40:53	03:31:27	95.729%	15:14	16:20	01:06	1.10	481	481	502	6	508	96.012%	98.819%	90.8%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 46. Cálculo del indicador OEE en la etapa de portamaderas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE PORTAMADERAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	26/02/2014	Guillotina 2	08:10	13:00	04:50	00:13:12	00:20:56	04:36:48	04:15:52	92.437%	08:15	10:30	02:15	2.25	363	372	733	14	747	89.247%	98.126%	81.0%
Mañana	26/02/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:11:02	00:10:24	04:38:58	04:28:34	96.272%	10:40	13:00	02:20	2.33	341	344	729	31	760	94.684%	95.921%	87.4%
Tarde	26/02/2014	Prensa 7	15:10	19:00	03:50	00:09:18	00:13:31	03:40:42	03:27:11	93.876%	15:22	19:10	03:48	3.80	344	344	1224	22	1246	95.318%	98.234%	87.9%
Mañana	15/03/2014	Guillotina 2	08:19	13:00	04:41	00:11:41	00:19:22	04:29:19	04:09:57	92.809%	08:19	10:28	02:09	2.15	370	372	723	13	736	92.023%	98.234%	83.9%
Mañana	15/03/2014	Prensa 7	08:19	13:00	04:41	00:10:17	00:10:51	04:30:43	04:19:52	95.992%	10:33	13:00	02:27	2.45	343	344	782	26	808	95.871%	96.782%	89.1%
Mañana	17/03/2014	Prensa 7	08:12	13:00	04:48	00:08:51	00:13:13	04:39:09	04:25:56	95.265%	08:41	12:21	03:40	3.67	342	344	1214	16	1230	97.516%	98.699%	91.7%
Mañana	08/04/2014	Guillotina 2	08:12	13:00	04:48	00:10:59	00:19:41	04:37:01	04:17:20	92.895%	08:16	10:30	02:14	2.23	371	372	701	11	712	85.701%	98.455%	78.4%
Mañana	08/04/2014	Prensa 7	08:12	13:00	04:48	00:10:31	00:10:44	04:37:29	04:26:45	96.132%	10:30	13:00	02:30	2.50	343	344	766	24	790	91.860%	96.962%	85.6%
Tarde	08/04/2014	Prensa 7	08:12	19:00	10:48	00:08:49	00:13:11	10:39:11	10:26:00	97.937%	15:17	19:00	03:43	3.72	342	344	1203	11	1214	94.953%	99.094%	92.2%
Mañana	16/04/2014	Guillotina 2	08:11	13:00	04:49	00:12:58	00:18:17	04:36:02	04:17:45	93.376%	08:14	10:30	02:16	2.27	368	372	735	12	747	88.591%	98.394%	81.4%
Mañana	16/04/2014	Prensa 7	08:11	13:00	04:49	00:11:02	00:11:01	04:37:58	04:26:57	96.037%	10:38	13:00	02:22	2.37	342	344	726	29	755	92.737%	96.159%	85.6%
Tarde	16/04/2014	Prensa 7	15:12	19:00	03:48	00:09:31	00:13:26	03:38:29	03:25:03	93.852%	15:23	19:10	03:47	3.78	343	344	1219	24	1243	95.508%	98.069%	87.9%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 47. Cálculo del indicador OEE en la etapa de portavidrios del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE PORTAVIDRIOS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	03/03/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:06:24	00:06:02	04:41:36	04:35:34	97.857%	08:18	08:29	00:11	0.18	281	286	45	3	48	91.545%	93.750%	84.0%
Mañana	03/03/2014	Prensa 3	08:12	13:00	04:48	00:17:28	00:25:41	04:30:32	04:04:51	90.506%	08:26	12:51	04:25	4.42	480	481	1986	42	2028	95.461%	97.929%	84.6%
Mañana	03/03/2014	Prensa 2	08:12	13:00	04:48	00:10:46	00:15:26	04:37:14	04:21:48	94.433%	10:32	13:00	02:28	2.47	477	481	1028	18	1046	88.161%	98.279%	81.8%
Tarde	03/03/2014	Prensa 2	15:12	19:00	03:48	00:07:57	00:17:41	03:40:03	03:22:22	91.964%	15:12	17:27	02:15	2.25	479	481	942	13	955	88.242%	98.639%	80.0%
Mañana	21/03/2014	Máquina cortadora 1	08:09	13:00	04:51	00:05:37	00:05:33	04:45:23	04:39:50	98.055%	08:31	08:41	00:10	0.17	286	286	44	3	47	98.601%	93.617%	90.5%
Mañana	21/03/2014	Prensa 3	08:09	13:00	04:51	00:14:42	00:20:29	04:36:18	04:15:49	92.587%	08:37	13:00	04:23	4.38	479	481	1992	38	2030	96.282%	98.128%	87.5%
Mañana	21/03/2014	Prensa 2	08:09	13:00	04:51	00:10:25	00:13:11	04:40:35	04:27:24	95.301%	10:29	13:00	02:31	2.52	481	481	1133	21	1154	95.331%	98.180%	89.2%
Tarde	21/03/2014	Prensa 2	15:11	19:00	03:49	00:08:14	00:15:40	03:40:46	03:25:06	92.904%	15:12	17:27	02:15	2.25	480	481	981	19	1000	92.400%	98.100%	84.2%
Mañana	11/04/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:05:24	00:05:19	04:42:36	04:37:17	98.119%	08:27	08:38	00:11	0.18	285	286	45	3	48	91.545%	93.750%	84.2%
Mañana	11/04/2014	Prensa 3	08:12	13:00	04:48	00:14:31	00:20:56	04:33:29	04:12:33	92.346%	08:29	13:00	04:31	4.52	481	481	1989	39	2028	93.348%	98.077%	84.5%
Mañana	11/04/2014	Prensa 2	08:12	13:00	04:48	00:10:46	00:13:47	04:37:14	04:23:27	95.028%	10:19	13:00	02:41	2.68	480	481	1145	24	1169	90.572%	97.947%	84.3%
Tarde	11/04/2014	Prensa 2	15:11	19:00	03:49	00:09:01	00:16:32	03:39:59	03:23:27	92.484%	15:19	17:17	01:58	1.97	480	481	839	19	858	90.701%	97.786%	82.0%
Mañana	21/04/2014	Máquina cortado 1	08:11	13:00	04:49	00:06:36	00:06:34	04:42:24	04:35:50	97.675%	08:16	08:27	00:11	0.18	283	286	46	2	48	91.545%	95.833%	85.7%
Mañana	21/04/2014	Prensa 3	08:11	13:00	04:49	00:16:59	00:25:39	04:32:01	04:06:22	90.570%	08:24	12:51	04:27	4.45	480	481	1989	36	2025	94.606%	98.222%	84.2%
Mañana	21/04/2014	Prensa 2	08:11	13:00	04:49	00:10:21	00:14:55	04:38:39	04:23:44	94.647%	10:33	13:00	02:27	2.45	480	481	1124	21	1145	97.162%	98.166%	90.3%
Tarde	21/04/2014	Prensa 2	15:13	19:00	03:47	00:07:24	00:16:58	03:39:36	03:22:38	92.274%												

Tabla 48. Cálculo del indicador OEE en la etapa de costados del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE LOS COSTADOS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Tarde	24/02/2014	Máquina cortado 1	15:15	19:00	03:45	00:07:29	00:07:01	03:37:31	03:30:30	96.774%	15:15	15:45	00:30	0.50	280	286	131	3	134	93.706%	97.761%	88.7%
Tarde	24/02/2014	Guillotina 2	15:15	19:00	03:45	00:11:47	00:22:35	03:33:13	03:10:38	89.408%	16:00	19:00	03:00	3.00	366	372	1030	18	1048	93.907%	98.282%	82.5%
Mañana	25/02/2014	Guillotina 2	08:15	13:00	04:45	00:14:37	00:29:22	04:30:23	04:01:01	89.139%	08:20	13:00	04:40	4.67	372	372	1710	24	1734	99.885%	98.616%	87.8%
Tarde	25/02/2014	Guillotina 2	15:08	19:00	03:52	00:12:51	00:21:49	03:39:09	03:17:20	90.045%	15:25	19:00	03:35	3.58	369	372	1260	15	1275	95.649%	98.824%	85.1%
Tarde	25/02/2014	Prensa 3	15:08	19:00	03:52	00:14:31	00:22:07	03:37:29	03:15:22	89.831%	15:10	19:00	03:50	3.83	478	481	1724	54	1778	96.430%	96.963%	84.0%
Mañana	26/02/2014	Prensa 3	08:10	13:00	04:50	00:11:55	00:21:01	04:38:05	04:17:04	92.442%	08:10	13:00	04:50	4.83	481	481	2172	61	2233	96.050%	97.268%	86.4%
Mañana	26/02/2014	Prensa 4	08:10	13:00	04:50	00:15:41	00:19:44	04:34:19	04:14:35	92.806%	08:15	13:00	04:45	4.75	446	452	1971	42	2013	93.759%	97.914%	85.2%
Tarde	26/02/2014	Prensa 3	15:10	19:00	03:50	00:06:43	00:09:37	03:43:17	03:33:40	95.693%	15:10	15:25	00:15	0.25	478	481	104	3	107	88.981%	97.196%	82.8%
Tarde	26/02/2014	Prensa 4	15:10	19:00	03:50	00:10:11	00:13:08	03:39:49	03:26:41	94.025%	15:12	19:00	03:48	3.80	452	452	1616	51	1667	97.054%	96.941%	88.5%
Tarde	26/02/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:10	19:00	03:50	00:17:26	00:14:51	03:32:34	03:17:43	93.014%	15:10	19:00	03:50	3.83	553	556	2060	60	2120	99.468%	97.170%	89.9%
Tarde	26/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:10	19:00	03:50	00:13:33	00:09:16	03:36:27	03:27:11	95.719%	17:00	19:00	02:00	2.00	229	232	432	11	443	95.474%	97.517%	89.1%
Mañana	27/02/2014	Prensa 4	08:15	13:00	04:45	00:12:02	00:06:54	04:32:58	04:26:04	97.472%	08:25	09:18	00:53	0.88	449	452	373	12	385	96.427%	96.883%	91.1%
Mañana	27/02/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:15	13:00	04:45	00:14:38	00:12:44	04:30:22	04:17:38	95.290%	08:15	11:53	03:38	3.63	556	556	1940	56	1996	98.805%	97.194%	91.5%
Mañana	27/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:15	13:00	04:45	00:14:26	00:11:43	04:30:34	04:18:51	95.670%	08:20	13:00	04:40	4.67	231	232	1022	26	1048	96.798%	97.519%	90.3%
Tarde	27/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:10	19:00	03:50	00:13:33	00:09:16	03:36:27	03:27:11	95.719%	15:10	19:00	03:50	3.83	232	232	861	21	882	99.175%	97.619%	92.7%
Mañana	28/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:15	13:00	04:45	00:12:40	00:10:43	04:32:20	04:21:37	96.065%	08:15	13:00	04:45	4.75	230	232	1066	14	1080	98.004%	98.704%	92.9%
Tarde	28/02/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:10	19:00	03:50	00:11:33	00:11:01	03:38:27	03:27:26	94.957%	15:15	17:39	02:24	2.40	231	232	542	6	548	98.420%	98.905%	92.4%
Tarde	13/03/2014	Máquina cortado 1	15:11	19:00	03:49	00:07:56	00:07:29	03:41:04	03:33:35	96.615%	15:18	15:49	00:31	0.52	284	286	140	4	144	97.451%	97.222%	91.5%
Tarde	13/03/2014	Guillotina 2	15:11	19:00	03:49	00:11:47	00:22:35	03:37:13	03:14:38	89.603%	15:55	19:00	03:05	3.08	372	372	1072	25	1097	95.641%	97.721%	83.7%
Mañana	14/03/2014	Guillotina 2	08:14	13:00	04:46	00:11:58	00:30:51	04:34:02	04:03:11	88.742%	08:18	13:00	04:42	4.70	370	372	1698	20	1718	98.261%	98.836%	86.2%
Tarde	14/03/2014	Guillotina 2	15:09	19:00	03:51	00:11:33	00:21:19	03:39:27	03:18:08	90.286%	15:22	19:00	03:38	3.63	370	372	1198	18	1216	89.967%	98.520%	80.0%
Tarde	14/03/2014	Prensa 3	15:09	19:00	03:51	00:12:49	00:23:44	03:38:11	03:14:27	89.122%	15:13	19:00	03:47	3.78	481	481	1681	57	1738	95.506%	96.720%	82.3%
Mañana	15/03/2014	Prensa 3	08:19	13:00	04:41	00:10:21	00:21:00	04:30:39	04:09:39	92.241%	08:21	13:00	04:39	4.65	480	481	2100	51	2151	96.171%	97.629%	86.6%
Mañana	15/03/2014	Prensa 4	08:19	13:00	04:41	00:14:59	00:18:28	04:26:01	04:07:33	93.058%	08:26	13:00	04:34	4.57	452	452	1991	49	2040	98.831%	97.598%	89.8%
Mañana	17/03/2014	Prensa 3	08:12	13:00	04:48	00:10:17	00:18:52	04:37:43	04:18:51	93.207%	08:16	08:43	00:27	0.45	481	481	197	4	201	92.862%	98.010%	84.8%
Mañana	17/03/2014	Prensa 4	08:12	13:00	04:48	00:13:01	00:12:15	04:34:59	04:22:44	95.545%	08:12	12:53	04:41	4.68	450	452	2006	51	2057	97.172%	97.521%	90.5%
Mañana	17/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:12	13:00	04:48	00:16:38	00:16:44	04:31:22	04:14:38	93.834%	08:13	13:00	04:47	4.78	556	556	2566	59	2625	98.702%	97.752%	90.5%
Mañana	17/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:12	13:00	04:48	00:12:29	00:10:11	04:35:31	04:25:20	96.304%	10:42	13:00	02:18	2.30	232	232	511	13	524	98.201%	97.519%	92.2%
Tarde	17/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:13	19:00	04:45	00:18:06	00:11:33	04:26:54	04:21:38	98.027%	15:15	17:54	02:39	2.65	554	556	1402	46	1448	98.276%	96.823%	93.3%
Tarde	17/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:13	19:00	04:45	00:14:04	00:11:09	04:30:56	04:22:51	97.016%	15:13	19:00	03:47	3.78	230	232	855	13	868	98.891%	98.502%	94.5%
Mañana	18/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:14	13:00	04:46	00:10:51	00:10:41	04:35:09	04:24:28	96.117%	08:14	13:00	04:46	4.77	231	232	1073	17	1090	98.565%	98.440%	93.3%
Tarde	18/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	15:16	19:00	04:45	00:12:02	00:10:53	04:32:58	04:22:51	96.294%	15:16	19:00	03:44	3.73	232	232	834	9	843	97.329%	98.932%	92.7%
Mañana	19/03/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:21	11:23	03:02	00:06:47	00:06:10	02:55:13	02:49:03	96.481%	08:21	11:23	03:02	3.03	231	232	690	5	695	98.759%	99.281%	94.6%
Tarde	04/04/2014	Máquina cortado 1	15:14	19:00	03:49	00:07:34	00:07:12	03:41:26	03:34:14	96.748%	15:14	15:49	00:35	0.58	285	286	146	3	149	89.311%	97.987%	84.7%
Tarde	04/04/2014	Guillotina 2	15:14	19:00	03:49	00:10:52	00:20:17	03:38:08	03:17:51	90.701%	15:50	19:00	03:10	3.17	370	372	1062	25	1087	92.275%	97.700%	81.8%
Mañana	06/04/2014	Guillotina 2	08:14	13:00	04:46	00:12:06	00:27:42	04:33:54	04:06:12	89.887%	08:14	13:00	04:46	4.77	371	372	1687	19	1706	96.210%	98.886%	85.5%
Tarde	06/04/2014	Guillotina 2	15:11	19:00	03:51	00:10:51	00:20:32	03:40:09	03:19:37	90.673%	15:19	19:00	03:41	3.68	371	372	1199	24	1223	89.257%	98.038%	79.3%
Tarde	06/04/2014	Prensa 3	15:11	19:00	03:51	00:12:20	00:23:19	03:38:40	03:15:21	89.337%	15:11	19:00	03:49	3.82	479	481	1678	52	1730	94.236%	96.994%	81.7%
Mañana	07/04/2014	Prensa 3	08:17	13:00	04:41	00:09:52	00:19:42	04:31:08	04:11:26	92.734%	08:17	13:00	04:43	4.72	481	481	2091	47	2138	94.238%	97.802%	85.5%
Mañana	07/04/2014	Prensa 4	08:17	13:00	04:41	00:13:41	00:17:03	04:27:19	04:10:16	93.622%	08:20	13:00	04:40	4.67	450	452	1986	43	2029	96.192%	97.881%	88.1%
Mañana	08/04/2014	Prensa 3	08:12	13:00	04:48	00:10:40	00:18:27	04:37:20	04:18:53	93.347%	08:13	08:43	00:30	0.50	480	481	199	5	204	84.823%	97.549%	77.2%
Mañana	08/04/2014	Prensa 4	08:12	13:00	04:48	00:13:31	00:12:26	04:34:29	04:22:03	95.470%	08:15	12:53	04:38	4.63	451	452	1996	46	2042	97.504%	97.747%	91.0%
Mañana	08/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:12	13:00	04:48	00:16:55	00:16:29	04:31:05	04:14:36	93.919%	08:16	13:00	04:44	4.73	555	556	2500	42	2542	96.590%	98.348%	89.2%
Mañana	08/04/2014	Prensa 9 - hidráulica (Perfiladora)	08:12	13:00	04:48	00:12:33	00:10:24	04:35:27	04:25:03	96.224%	10:39	13:00	02:21	2.35	230	232	503	15	518	95.011%	97.104%	88.8%
Tarde	08/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:11	19:00	04:45	00:18:20	00:11:07	04:26:40	04:21:38	98.113%	15:13	17:54	02:41	2.68	449	456	1397	44	1441	96.586%	96.	

Tabla 49. Cálculo del indicador OEE en la etapa de tapas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE LAS TAPAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR. MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR. MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Tarde	03/03/2014	Guillotina 1	15:12	19:00	03:48	00:06:24	00:07:46	03:41:36	03:33:50	96.495%	15:15	15:45	00:30	0.50	390	396	184	5	189	95.455%	97.354%	89.7%
Tarde	03/03/2014	Prensa 6	15:12	19:00	03:48	00:17:38	00:18:27	03:30:22	03:11:55	91.230%	15:30	19:00	03:30	3.50	458	458	1418	26	1444	90.081%	98.199%	80.7%
Tarde	03/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:12	19:00	03:48	00:09:33	00:11:15	03:38:27	03:27:12	94.850%	17:10	19:00	01:50	1.83	556	556	889	31	920	90.255%	96.630%	82.7%
Mañana	04/03/2014	Prensa 6	08:12	13:00	04:48	00:26:57	00:31:18	04:34:42	04:07:45	90.189%	08:12	11:46	03:34	3.57	454	458	1486	23	1509	92.376%	98.476%	82.0%
Mañana	04/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:12	13:00	04:48	00:09:46	00:11:38	04:38:14	04:26:36	95.819%	09:17	11:24	02:07	2.12	552	556	1100	19	1119	95.083%	98.302%	89.6%
Mañana	04/03/2014	Prensa 6	08:12	13:00	04:48	00:19:01	00:30:34	04:28:59	03:58:25	88.636%	08:14	12:53	04:39	4.65	456	458	1984	23	2007	94.239%	98.854%	82.6%
Tarde	04/03/2014	Prensa 7	15:10	19:00	03:50	00:14:22	00:12:26	03:35:38	03:23:12	94.234%	15:10	19:00	03:50	3.83	344	344	1248	32	1280	97.068%	97.500%	89.2%
Mañana	05/03/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:10:55	00:11:19	04:39:05	04:27:46	95.945%	08:11	10:33	02:22	2.37	341	344	752	12	764	93.842%	98.429%	88.6%
Mañana	21/03/2014	Guillotina 1	08:09	13:00	04:51	00:07:11	00:07:14	04:43:49	04:36:35	97.451%	08:09	08:38	00:29	0.48	396	396	185	3	188	98.224%	98.404%	94.2%
Mañana	21/03/2014	Prensa 6	08:09	13:00	04:51	00:14:59	00:15:55	04:36:01	04:20:06	94.233%	08:20	13:00	04:40	4.67	456	458	2012	29	2041	95.493%	98.579%	88.7%
Mañana	21/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:09	13:00	04:51	00:10:02	00:12:20	04:40:58	04:28:38	95.610%	10:29	13:00	02:31	2.52	556	556	1283	37	1320	94.335%	97.197%	87.7%
Tarde	21/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:11	19:00	03:49	00:08:46	00:10:31	03:40:14	03:29:43	95.225%	15:11	16:27	01:16	1.27	554	556	679	10	689	97.832%	98.549%	91.8%
Tarde	21/03/2014	Prensa 6	15:11	19:00	03:49	00:16:37	00:24:47	03:32:23	03:07:36	88.331%	17:16	19:00	01:44	1.73	458	458	736	14	750	94.474%	98.133%	81.9%
Mañana	22/03/2014	Prensa 6	08:11	13:00	04:49	00:18:17	00:30:18	04:30:43	04:00:25	88.807%	08:14	11:14	03:00	3.00	457	458	1264	13	1277	92.940%	98.982%	81.7%
Mañana	22/03/2014	Prensa 7	08:11	13:00	04:49	00:13:23	00:12:23	04:41:05	04:28:42	95.594%	08:11	13:00	04:49	4.82	343	344	1598	36	1634	98.616%	97.797%	92.2%
Mañana	24/03/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:05:54	00:06:36	04:44:06	04:37:30	97.677%	08:14	09:23	01:09	1.15	344	344	384	6	390	98.584%	98.462%	94.8%
Mañana	11/04/2014	Guillotina 1	08:12	13:00	04:48	00:07:42	00:07:30	04:40:18	04:32:48	97.324%	08:12	08:40	00:28	0.47	395	396	179	3	182	98.485%	98.352%	94.3%
Mañana	11/04/2014	Prensa 6	08:12	13:00	04:48	00:13:56	00:15:22	04:34:04	04:18:42	94.393%	08:17	13:00	04:43	4.72	457	458	2003	17	2020	93.508%	99.158%	87.5%
Mañana	11/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:12	13:00	04:48	00:09:51	00:12:11	04:38:09	04:25:58	95.620%	10:22	13:00	02:38	2.63	553	556	1267	45	1312	89.609%	96.570%	82.7%
Tarde	11/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:11	19:00	03:49	00:08:59	00:10:04	03:40:01	03:29:57	95.425%	15:16	16:33	01:17	1.28	554	556	661	8	669	93.759%	98.804%	88.4%
Tarde	11/04/2014	Prensa 6	15:11	19:00	03:49	00:16:05	00:24:13	03:32:55	03:08:42	88.626%	17:09	19:00	01:51	1.85	456	458	747	12	759	89.579%	98.419%	78.1%
Mañana	12/04/2014	Prensa 6	08:10	13:00	04:50	00:18:31	00:30:43	04:31:29	04:00:46	88.686%	08:19	11:20	03:01	3.02	458	458	1245	11	1256	90.907%	99.124%	79.9%
Mañana	12/04/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:13:55	00:12:52	04:41:05	04:28:13	95.422%	08:10	13:00	04:50	4.83	344	344	1577	24	1601	96.291%	98.501%	90.5%
Mañana	14/04/2014	Prensa 7	08:08	13:00	04:52	00:05:37	00:06:28	04:46:23	04:39:55	97.742%	08:18	09:30	01:12	1.20	342	344	400	5	405	98.110%	98.765%	94.7%
Tarde	21/04/2014	Guillotina 1	15:12	19:00	03:48	00:07:46	00:07:46	03:41:36	03:33:50	96.495%	15:15	15:45	00:30	0.50	391	396	184	5	189	95.455%	97.354%	89.7%
Tarde	21/04/2014	Prensa 6	15:12	19:00	03:48	00:17:38	00:18:27	03:30:22	03:11:55	91.230%	15:30	19:00	03:30	3.50	457	458	1418	26	1444	90.081%	98.199%	80.7%
Tarde	21/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:12	19:00	03:48	00:09:33	00:11:15	03:38:27	03:27:12	94.850%	17:10	19:00	01:50	1.83	554	556	889	31	920	90.255%	96.630%	82.7%
Mañana	22/04/2014	Prensa 6	08:12	13:00	04:48	00:26:57	00:31:18	04:34:42	04:07:45	90.189%	08:12	11:46	03:34	3.57	457	458	1486	23	1509	92.376%	98.476%	82.0%
Mañana	22/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:12	13:00	04:48	00:09:46	00:11:38	04:38:14	04:26:36	95.819%	09:17	11:24	02:07	2.12	555	556	1100	19	1119	95.083%	98.302%	89.6%
Mañana	22/04/2014	Prensa 6	08:12	13:00	04:48	00:19:01	00:30:34	04:28:59	03:58:25	88.636%	08:14	12:53	04:39	4.65	457	458	1984	23	2007	94.239%	98.854%	82.6%
Tarde	22/04/2014	Prensa 7	15:10	19:00	03:50	00:14:22	00:12:26	03:35:38	03:23:12	94.234%	15:10	19:00	03:50	3.83	343	344	1248	32	1280	97.068%	97.500%	89.2%
Mañana	23/04/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:10:55	00:11:19	04:39:05	04:27:46	95.945%	08:11	10:33	02:22	2.37	344	344	752	12	764	93.842%	98.429%	88.6%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 50. Cálculo del indicador OEE en la etapa de cascos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE CASCOS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR. MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR. MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	04/03/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:07:51	00:05:11	04:40:09	04:34:58	98.150%	08:16	08:44	00:28	0.47	286	286	128	1	129	96.653%	99.225%	94.1%
Mañana	04/03/2014	Prensa 2	08:12	13:00	04:48	00:16:13	00:20:39	04:31:47	04:11:08	92.402%	08:40	13:00	04:20	4.33	479	481	1989	33	2022	97.009%	98.368%	88.2%
Tarde	04/03/2014	Prensa 6	15:10	19:00	03:50	00:16:56	00:19:16	03:33:04	03:13:48	90.957%	15:13	19:00	03:47	3.78	458	458	1594	41	1635	94.358%	97.492%	83.7%
Tarde	04/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:10	19:00	03:50	00:08:52	00:12:01	03:41:08	03:29:07	94.566%	17:12	19:00	01:48	1.80	553	556	954	20	974	97.322%	97.947%	90.1%
Mañana	05/03/2014	Prensa 6	08:10	13:00	04:50	00:14:26	00:12:42	04:35:34	04:22:52	95.391%	08:12	09:04	00:52	0.87	455	458	351	9	360	90.695%	97.500%	84.4%
Mañana	05/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:10	13:00	04:50	00:12:58	00:18:38	04:37:02	04:18:24	93.274%	10:53	12:52	01:59	1.98	553	556	1009	18	1027	93.132%	98.247%	85.3%
Mañana	22/03/2014	Máquina cortadora 1	08:11	13:00	04:49	00:06:44	00:05:31	04:42:16	04:36:45	98.046%	08:12	08:40	00:28	0.47	285	286	129	1	130	97.403%	99.231%	94.8%
Mañana	22/03/2014	Prensa 2	08:11	13:00	04:49	00:12:35	00:16:19	04:36:25	04:20:06	94.097%	08:42	13:00	04:18	4.30	481	481	2001	30	2031	98.197%	98.523%	91.0%
Mañana	24/03/2014	Prensa 6	08:10	13:00	04:50	00:15:30	00:19:29	04:34:30	04:15:01	92.902%	08:10	13:00	04:50	4.83	457	458	1971	53	2024	91.432%	97.381%	82.7%
Mañana	24/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:10	13:00	04:50	00:10:09	00:17:11	04:39:51	04:22:40	93.860%	10:19	13:00	02:41	2.68	556	556	1433	20	1453	97.390%	98.624%	90.2%
Tarde	24/03/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:12	19:00	03:48	00:09:13	00:20:54	03:38:47	03:17:53	90.447%	15:12	16:17	01:05	1.08	554	556	566	4	570	94.632%	99.298%	85.0%
Mañana	12/04/2014	Máquina cortado 1	08:10	13:00	04:50	00:06:13	00:05:56	04:43:47	04:37:51	97.909%	08:14	08:42	00:28	0.47	286	286	128	2	130	97.403%	98.462%	93.9%
Mañana	12/04/2014	Prensa 2	08:10	13:00	04:50	00:11:59	00:16:43	04:38:01	04:21:18	93.987%	08:41	13:00	04:19	4.32	480	481	1993	24	2017	97.143%	98.810%	90.2%
Mañana	14/04/2014	Prensa 6	08:08	13:00	04:52	00:15:36	00:19:42	04:36:24	04:16:42	92.873%	08:08	13:00	04:52	4.87	458	458	1976	51	2027	90.940%	97.484%	82.3%
Mañana	14/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	08:08	13:00	04:52	00:10:30	00:17:29	04:41:30	04:24:01	93.789%	10:17	13:00	02:43	2.72	555	556	1436	16	1452	96.129%	98.898%	89.2%
Tarde	14/04/2014	Prensa 1 - neumática (Ambold)	15:12	19:00	03:48	00:09:16	00:20:25	03:38:44	03:18:19	90.666%	15:16	16:24	01:08	1.13	556							

Tabla 51. Cálculo del indicador OEE en la etapa de sombreros del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE LOS SOMBREROS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR. MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR. MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES /HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	03/03/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:05:59	00:05:46	04:42:01	04:36:15	97.955%	08:12	08:25	00:13	0.22	283	286	59	1	60	96.826%	98.333%	93.3%
Mañana	03/03/2014	Prensa 11	08:12	13:00	04:48	00:09:13	00:13:31	04:38:47	04:25:16	95.152%	10:40	12:30	01:50	1.83	1188	1188	1991	58	2049	94.077%	97.169%	87.0%
Tarde	03/03/2014	Prensa 10	15:12	19:00	03:48	00:13:41	00:21:11	03:34:19	03:13:08	90.116%	15:21	19:00	03:39	3.65	291	291	996	28	1024	96.408%	97.266%	84.5%
Mañana	21/03/2014	Máquina cortadora 1	08:09	13:00	04:51	00:05:16	00:04:09	04:45:44	04:41:35	98.548%	08:13	08:26	00:13	0.22	286	286	60	1	61	98.440%	98.361%	95.4%
Mañana	21/03/2014	Prensa 11	08:09	13:00	04:51	00:06:57	00:10:25	04:44:03	04:33:38	96.333%	09:38	11:22	01:44	1.73	1184	1188	1981	44	2025	98.339%	97.827%	92.7%
Tarde	21/03/2014	Prensa 10	15:11	19:00	03:49	00:11:41	00:16:03	03:37:19	03:21:16	92.614%	15:15	18:47	03:32	3.53	290	291	989	24	1013	98.522%	97.631%	89.1%
Mañana	11/04/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:04:58	00:04:42	04:43:02	04:38:20	98.339%	08:14	08:27	00:13	0.22	285	286	59	1	60	96.826%	98.333%	93.6%
Mañana	11/04/2014	Prensa 11	08:12	13:00	04:48	00:06:19	00:10:45	04:41:41	04:30:56	96.184%	09:37	11:23	01:46	1.77	1186	1188	1967	38	2005	95.531%	98.105%	90.1%
Tarde	11/04/2014	Prensa 10	15:11	19:00	03:49	00:11:24	00:16:37	03:37:36	03:20:59	92.364%	15:16	18:48	03:32	3.53	290	291	981	21	1002	97.452%	97.904%	88.1%
Mañana	21/04/2014	Máquina cortado 1	08:11	13:00	04:49	00:05:34	00:05:22	04:43:26	04:38:04	98.107%	08:13	08:26	00:13	0.22	286	286	58	2	60	96.826%	96.667%	91.8%
Mañana	21/04/2014	Prensa 11	08:11	13:00	04:49	00:09:18	00:13:08	04:39:42	04:26:34	95.304%	10:49	12:41	01:52	1.87	1185	1188	1987	59	2046	92.262%	97.116%	85.4%
Tarde	21/04/2014	Prensa 10	15:11	19:00	03:49	00:13:26	00:20:46	03:35:34	03:14:48	90.366%	15:12	19:00	03:48	3.80	291	291	999	25	1024	92.603%	97.559%	81.6%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 52. Cálculo del indicador OEE en la etapa de portaomegas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE PORTAOMEGAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR. MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR. MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES /HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	04/03/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:06:59	00:06:44	04:41:01	04:34:17	97.604%	08:16	08:54	00:38	0.63	281	286	171	6	177	97.718%	96.610%	92.1%
Mañana	04/03/2014	Prensa 7	08:12	13:00	04:48	00:14:22	00:11:56	04:33:38	04:21:42	95.639%	08:30	13:00	04:30	4.50	344	344	1502	23	1525	98.514%	98.492%	92.8%
Tarde	04/03/2014	Prensa 7	15:10	19:00	03:50	00:12:10	00:11:43	03:37:50	03:26:07	94.621%	15:14	19:00	03:46	3.77	342	344	1219	9	1228	94.773%	99.267%	89.0%
Tarde	04/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:10	19:00	03:50	00:17:02	00:12:23	03:32:58	03:20:35	94.185%	16:38	19:00	02:22	2.37	411	411	892	13	905	93.040%	98.564%	86.4%
Mañana	05/03/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:14:26	00:12:35	04:35:34	04:22:59	95.434%	08:23	12:09	03:46	3.77	343	344	1232	15	1247	96.239%	98.797%	90.7%
Mañana	05/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:10	13:00	04:50	00:18:45	00:10:36	04:31:15	04:20:39	96.092%	11:53	13:00	01:07	1.12	409	411	419	9	428	93.256%	97.897%	87.7%
Mañana	21/03/2014	Máquina cortadora 1	08:09	13:00	04:51	00:05:32	00:06:27	04:45:28	04:39:01	97.741%	08:34	09:12	00:38	0.63	286	286	173	4	177	97.718%	97.740%	93.4%
Mañana	21/03/2014	Prensa 7	08:09	13:00	04:51	00:12:13	00:10:48	04:38:47	04:27:59	96.126%	09:03	13:00	03:57	3.95	343	344	1321	16	1337	98.396%	98.803%	93.5%
Tarde	21/03/2014	Prensa 7	15:11	19:00	03:49	00:11:09	00:12:13	03:37:51	03:25:38	94.392%	15:12	19:00	03:48	3.80	344	344	1274	9	1283	98.149%	99.299%	92.0%
Tarde	21/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:11	19:00	03:49	00:13:11	00:13:37	03:35:49	03:22:12	93.691%	16:38	19:00	02:22	2.37	410	411	897	14	911	93.657%	98.463%	86.4%
Mañana	24/03/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:13:55	00:10:51	04:36:05	04:25:14	96.070%	09:30	13:00	03:30	3.50	342	344	1175	15	1190	98.837%	98.739%	93.8%
Tarde	24/03/2014	Prensa 7	15:12	19:00	03:48	00:12:04	00:11:26	03:35:56	03:24:30	94.705%	15:14	15:58	00:44	0.73	343	344	244	3	247	97.912%	98.785%	91.6%
Tarde	24/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:12	19:00	03:48	00:19:20	00:10:41	03:28:40	03:17:59	94.880%	16:02	17:07	01:05	1.08	411	411	418	8	426	95.677%	98.122%	89.1%
Mañana	11/04/2014	Máquina cortado 1	08:12	13:00	04:48	00:05:28	00:06:37	04:42:32	04:35:55	97.658%	08:33	09:11	00:38	0.63	285	286	170	5	175	96.614%	97.143%	91.7%
Mañana	11/04/2014	Prensa 7	08:12	13:00	04:48	00:11:58	00:10:29	04:36:02	04:25:33	96.202%	09:01	13:00	03:59	3.98	344	344	1319	14	1333	97.280%	98.950%	92.6%
Tarde	11/04/2014	Prensa 7	15:11	19:00	03:49	00:11:53	00:11:53	03:37:27	03:25:34	94.535%	15:11	19:00	03:49	3.82	343	344	1272	7	1279	97.415%	99.453%	91.6%
Tarde	11/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:11	19:00	03:49	00:13:26	00:13:50	03:35:34	03:21:44	93.583%	16:37	19:00	02:23	2.38	410	411	893	16	909	92.798%	98.240%	85.3%
Mañana	14/04/2014	Prensa 7	08:08	13:00	04:52	00:13:31	00:10:41	04:38:29	04:27:48	96.164%	09:27	13:00	03:33	3.55	343	344	1163	14	1177	96.381%	98.811%	91.6%
Tarde	14/04/2014	Prensa 7	15:12	19:00	03:48	00:12:44	00:11:33	03:35:16	03:23:43	94.635%	15:12	15:59	00:47	0.78	340	344	241	3	244	90.549%	98.770%	84.6%
Tarde	14/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:12	19:00	03:48	00:19:05	00:09:58	03:28:55	03:18:57	95.229%	15:59	17:08	01:09	1.15	410	411	434	5	439	92.881%	98.861%	87.4%
Mañana	22/04/2014	Máquina cortado 1	08:18	13:00	04:42	00:05:41	00:06:38	04:36:19	04:29:41	97.599%	08:29	09:06	00:37	0.62	286	286	173	3	176	99.792%	98.295%	95.7%
Mañana	22/04/2014	Prensa 7	08:18	13:00	04:42	00:11:42	00:10:56	04:30:18	04:19:22	95.955%	09:02	13:00	03:58	3.97	343	344	1305	17	1322	96.883%	98.714%	91.8%
Tarde	22/04/2014	Prensa 7	15:12	19:00	03:48	00:11:45	00:11:42	03:36:15	03:24:33	94.590%	15:12	19:00	03:48	3.80	344	344	1263	8	1271	97.231%	99.371%	91.4%
Tarde	22/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:12	19:00	03:48	00:13:51	00:13:21	03:34:09	03:20:48	93.766%	16:36	19:00	02:24	2.40	411	411	891	17	908	92.052%	98.128%	84.7%
Mañana	23/04/2014	Prensa 7	08:14	13:00	04:46	00:13:09	00:10:33	04:32:51	04:22:18	96.133%	09:24	13:00	03:36	3.60	344	344	1163	15	1178	95.123%	98.727%	90.3%
Tarde	23/04/2014	Prensa 7	15:14	19:00	03:46	00:12:27	00:11:18	03:33:33	03:22:15	94.708%	15:14	15:58	00:44	0.73	343	344	237	4	241	95.534%	98.340%	89.0%
Tarde	23/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:14	19:00	03:46	00:19:09	00:09:21	03:26:51	03:17:30	95.480%	15:56	17:04	01:08	1.13	410	411	436	4	440	94.461%	99.091%	89.4%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 53. Cálculo del indicador OEE en la etapa de uñas para corredizo del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE UÑAS PARA CORREDIZO																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	05/03/2014	Máquina cortadora 1	08:10	13:00	04:50	00:06:06	00:05:25	04:43:54	04:38:29	98.092%	08:11	08:26	00:15	0.25	284	286	66	2	68	95.105%	97.059%	90.5%
Mañana	05/03/2014	Prensa 7	08:10	13:00	04:50	00:12:13	00:11:31	04:37:47	04:26:16	95.854%	08:42	13:00	04:18	4.30	343	344	1456	12	1468	99.243%	99.183%	94.4%
Tarde	05/03/2014	Prensa 7	15:07	19:00	03:53	00:10:46	00:10:52	03:42:14	03:31:22	95.110%	15:13	16:50	01:37	1.62	341	344	538	5	543	97.638%	99.079%	92.0%
Tarde	05/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:07	19:00	03:53	00:11:58	00:09:03	03:41:02	03:31:59	95.906%	17:00	17:43	00:43	0.72	407	411	279	11	290	98.455%	96.207%	90.8%
Mañana	25/03/2014	Máquina cortadora 1	08:16	13:00	04:44	00:05:39	00:05:41	04:38:21	04:32:40	97.958%	08:16	08:31	00:15	0.25	285	286	69	1	70	97.902%	98.571%	94.5%
Mañana	25/03/2014	Prensa 7	08:16	13:00	04:44	00:09:05	00:08:56	04:34:55	04:25:59	96.751%	08:37	13:00	04:23	4.38	344	344	1467	13	1480	98.152%	99.122%	94.1%
Tarde	25/03/2014	Prensa 7	15:11	17:51	02:40	00:07:41	00:08:02	02:32:19	02:24:17	94.726%	15:11	16:50	01:39	1.65	342	344	554	4	558	98.309%	99.283%	92.5%
Tarde	25/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:11	17:51	02:40	00:10:20	00:08:15	02:29:40	02:21:25	94.488%	17:08	17:51	00:43	0.72	411	411	281	9	290	98.455%	96.897%	90.1%
Mañana	15/04/2014	Máquina cortadora 1	08:13	13:00	04:47	00:05:23	00:05:56	04:41:37	04:35:41	97.893%	08:13	08:29	00:16	0.27	286	286	70	3	73	95.717%	95.890%	89.8%
Mañana	15/04/2014	Prensa 7	08:13	13:00	04:47	00:09:32	00:08:17	04:37:28	04:29:11	97.015%	08:34	13:00	04:26	4.43	343	344	1454	11	1465	96.061%	99.249%	92.5%
Tarde	15/04/2014	Prensa 7	15:16	17:54	02:38	00:07:55	00:07:43	02:30:05	02:22:22	94.858%	15:16	16:52	01:36	1.60	344	344	531	5	536	97.384%	99.067%	91.5%
Tarde	15/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:16	17:54	02:38	00:09:59	00:08:35	02:28:01	02:19:26	94.201%	17:12	17:54	00:42	0.70	410	411	267	10	277	96.281%	96.390%	87.4%
Mañana	23/04/2014	Máquina cortado 1	08:11	13:00	04:49	00:06:22	00:05:41	04:42:38	04:36:57	97.989%	08:11	08:26	00:15	0.25	285	286	67	1	68	95.105%	98.529%	91.8%
Mañana	23/04/2014	Prensa 7	08:09	13:00	04:51	00:12:17	00:11:46	04:38:43	04:26:57	95.778%	08:40	13:00	04:20	4.33	344	344	1459	7	1466	98.345%	99.523%	93.7%
Tarde	23/04/2014	Prensa 7	15:08	19:00	03:52	00:10:15	00:10:50	03:41:45	03:30:55	95.115%	15:18	16:58	01:40	1.67	341	344	536	6	542	94.535%	98.893%	88.9%
Tarde	23/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:08	19:00	03:52	00:11:41	00:08:54	03:40:19	03:31:25	95.960%	17:00	17:44	00:44	0.73	409	411	281	10	291	96.549%	96.564%	89.5%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 54. Cálculo del indicador OEE en la etapa de omegas del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE OMEGAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	05/03/2014	Máquina cortadora 1	08:10	13:00	04:50	00:06:56	00:06:15	04:43:04	04:36:49	97.792%	08:10	08:20	00:10	0.17	285	286	44	1	45	94.406%	97.778%	90.3%
Mañana	05/03/2014	Prensa 2	08:10	13:00	04:50	00:14:41	00:16:08	04:35:19	04:19:11	94.140%	08:20	12:35	04:15	4.25	481	481	1967	45	2012	98.422%	97.763%	90.6%
Tarde	05/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:07	19:00	03:53	00:18:21	00:10:57	03:34:39	03:23:42	94.899%	15:11	19:00	03:49	3.82	411	411	1499	15	1514	96.516%	99.009%	90.7%
Mañana	06/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:12	19:00	10:48	00:14:45	00:11:17	10:33:15	10:21:58	98.218%	08:53	10:08	01:15	1.25	409	411	497	4	501	97.518%	99.202%	95.0%
Mañana	26/03/2014	Máquina cortadora 1	08:13	13:00	04:47	00:06:30	00:05:42	04:40:30	04:34:48	97.968%	08:13	08:23	00:10	0.17	286	286	45	1	46	96.503%	97.826%	92.5%
Mañana	26/03/2014	Prensa 2	08:13	13:00	04:47	00:13:33	00:13:33	04:35:02	04:21:29	95.073%	08:19	12:38	04:19	4.32	480	481	1988	41	2029	97.721%	97.979%	91.0%
Tarde	26/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:04	19:00	03:56	00:18:36	00:10:24	03:37:24	03:27:00	95.216%	15:20	19:00	03:40	3.67	409	411	1414	12	1426	94.625%	99.158%	89.3%
Mañana	27/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:11	19:00	10:49	00:13:11	00:09:01	10:35:49	10:26:48	98.582%	08:39	10:09	01:30	1.50	410	411	587	4	591	95.864%	99.323%	93.9%
Mañana	16/04/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:06:51	00:05:22	04:41:09	04:35:47	98.091%	08:14	08:24	00:10	0.17	285	286	46	1	47	98.601%	97.872%	94.7%
Mañana	16/04/2014	Prensa 2	08:12	13:00	04:48	00:11:26	00:13:21	04:36:34	04:23:13	95.173%	08:20	12:36	04:16	4.27	481	481	1972	38	2010	97.940%	98.109%	91.5%
Tarde	16/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:02	19:00	03:58	00:18:41	00:09:54	03:39:19	03:29:25	95.486%	15:13	18:58	03:45	3.75	411	411	1459	10	1469	95.312%	99.319%	90.4%
Mañana	17/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:09	19:00	10:51	00:12:48	00:08:36	10:38:12	10:29:36	98.652%	08:37	10:03	01:26	1.43	410	411	562	3	565	95.909%	99.469%	94.1%
Mañana	23/04/2014	Máquina cortado 1	08:11	13:00	04:49	00:06:47	00:06:32	04:42:13	04:35:41	97.685%	08:12	08:22	00:10	0.17	285	286	45	1	46	96.503%	97.826%	92.2%
Mañana	23/04/2014	Prensa 2	08:11	13:00	04:49	00:14:25	00:16:16	04:34:35	04:18:19	94.076%	08:17	12:36	04:19	4.32	481	481	1974	42	2016	97.095%	97.917%	89.4%
Tarde	23/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:06	19:00	03:54	00:18:36	00:11:02	03:35:24	03:24:22	94.878%	15:12	19:00	03:48	3.80	411	411	1481	13	1494	95.659%	99.130%	90.0%
Mañana	24/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:10	19:00	10:50	00:14:34	00:11:41	10:35:26	10:23:45	98.161%	08:50	10:11	01:21	1.35	409	411	503	5	508	91.556%	99.016%	89.0%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 55. Cálculo del indicador OEE en la etapa de riel dines del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE RIEL DINES																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	06/03/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:07:01	00:06:31	04:40:59	04:34:28	97.681%	08:14	08:28	00:14	0.23	286	286	62	2	64	95.904%	96.875%	90.8%
Mañana	06/03/2014	Prensa 2	08:12	13:00	04:48	00:13:52	00:17:19	04:34:08	04:16:49	93.683%	08:33	13:00	04:27	4.45	479	481	2028	39	2067	96.568%	98.113%	88.8%
Mañana	06/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:12	13:00	04:48	00:16:22	00:12:23	04:31:38	04:19:15	95.441%	10:42	13:00	02:18	2.30	408	411	919	14	933	98.699%	98.499%	92.8%
Tarde	06/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:11	19:00	03:49	00:12:54	00:10:57	03:36:06	03:25:09	94.933%	15:22	18:46	03:24	3.40	410	411	1341	12	1353	96.823%	99.113%	91.1%
Mañana	27/03/2014	Máquina cortadora 1	08:11	13:00	04:49	00:05:09	00:06:04	04:43:51	04:37:47	97.863%	08:16	08:30	00:14	0.23	285	286	65	1	66	98.901%	98.485%	95.3%
Mañana	27/03/2014	Prensa 2	08:11	13:00	04:49	00:14:52	00:13:19	04:34:08	04:20:49	95.142%	08:38	13:00	04:22	4.37	480	481	2046	33	2079	98.983%	98.413%	92.7%
Mañana	27/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:11	13:00	04:49	00:14:51	00:10:11	04:34:09	04:23:58	96.285%	10:34	13:00	02:26	2.43	411	411	958	13	971	97.090%	98.661%	92.2%
Tarde	27/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:18	19:00	03:42	00:16:43	00:10:39	03:25:17	03:14:38	94.812%	15:18	17:57	02:39	2.65	409	411	1057	15	1072	98.425%	98.601%	92.0%
Mañana	17/04/2014	Máquina cortadora 1	08:09	13:00	04:51	00:05:51	00:05:40	04:45:09	04:39:29	98.013%	08:15	08:29	00:14	0.23	286	286	64	2	66	98.901%	96.970%	94.0%
Mañana	17/04/2014	Prensa 2	08:09	13:00	04:51	00:14:23	00:13:07	04:36:37	04:23:30	95.258%	08:40	13:00	04:20	4.33	481	481	2014	31	2045	98.113%	98.484%	92.0%
Mañana	17/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:09	13:00	04:51	00:14:36	00:09:58	04:36:24	04:26:26	96.394%	10:32	13:00	02:28	2.47	410	411	961	12	973	95.976%	98.767%	91.4%
Tarde	17/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:20	19:00	03:40	00:16:45	00:10:51	03:23:15	03:12:24	94.662%	15:20	17:59	02:39	2.65	411	411	1053	16	1069	98.150%	98.503%	91.5%
Mañana	24/04/2014	Máquina cortado 1	08:12	13:00	04:48	00:07:19	00:06:21	04:40:41	04:34:20	97.738%	08:15	08:29	00:14	0.23	285	286	61	3	64	95.904%	95.313%	89.3%
Mañana	24/04/2014	Prensa 2	08:12	13:00	04:48	00:13:36	00:17:41	04:34:24	04:16:43	93.556%	08:31	13:00	04:29	4.48	480	4						

Tabla 56. Cálculo del indicador OEE en la etapa de bisagras del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE BISAGRAS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	05/03/2014	Prensa 3	08:10	13:00	04:50	00:15:51	00:16:37	04:34:09	04:17:32	93.939%	08:16	13:00	04:44	4.73	479	481	2146	66	2212	97.157%	97.016%	88.5%
Tarde	05/03/2014	Prensa 3	15:07	19:00	03:53	00:13:16	00:13:52	03:39:44	03:25:52	93.689%	15:07	19:00	03:53	3.88	481	481	1795	47	1842	98.614%	97.448%	90.0%
Tarde	05/03/2014	Prensa 4	15:07	19:00	03:53	00:10:15	00:14:01	03:42:45	03:28:44	93.707%	15:08	19:00	03:52	3.87	452	452	1648	48	1696	97.040%	97.170%	88.4%
Mañana	06/03/2014	Prensa 4	08:12	13:00	04:48	00:12:23	00:11:48	04:35:37	04:23:49	95.719%	08:12	13:00	04:48	4.80	450	452	2072	41	2113	97.391%	98.060%	91.4%
Tarde	06/03/2014	Prensa 10	15:11	19:00	03:49	00:13:27	00:15:50	03:35:33	03:19:43	92.654%	15:11	19:00	03:49	3.82	291	291	987	57	1044	93.999%	94.540%	82.3%
Tarde	06/03/2014	Prensa 4	15:11	19:00	03:49	00:06:32	00:05:59	03:42:28	03:36:29	97.310%	15:19	15:51	00:32	0.53	450	452	216	4	220	91.261%	98.182%	87.2%
Mañana	07/03/2014	Prensa 10	08:14	13:00	04:46	00:12:56	00:23:40	04:33:04	04:09:24	91.333%	08:14	13:00	04:46	4.77	289	291	1198	39	1237	89.179%	96.847%	78.9%
Mañana	26/03/2014	Prensa 3	08:13	13:00	04:47	00:14:25	00:18:09	04:32:35	04:14:26	93.341%	08:15	13:00	04:45	4.75	480	481	2099	58	2157	94.409%	97.311%	85.8%
Tarde	26/03/2014	Prensa 3	15:04	19:00	03:56	00:10:01	00:11:48	03:45:59	03:34:11	94.778%	15:04	19:00	03:56	3.93	480	481	1804	43	1847	97.625%	97.672%	90.4%
Tarde	26/03/2014	Prensa 4	15:04	19:00	03:56	00:10:33	00:12:36	03:45:27	03:32:51	94.411%	15:09	19:00	03:51	3.85	451	452	1661	50	1711	98.322%	97.078%	90.1%
Mañana	27/03/2014	Prensa 4	08:11	13:00	04:49	00:11:46	00:09:57	04:37:14	04:27:17	96.411%	08:11	13:00	04:49	4.82	452	452	2085	49	2134	98.019%	97.704%	92.3%
Tarde	27/03/2014	Prensa 10	15:18	19:00	03:42	00:13:27	00:14:12	03:28:33	03:14:21	93.191%	16:12	19:00	02:48	2.80	290	291	741	36	777	95.361%	95.367%	84.8%
Tarde	27/03/2014	Prensa 4	15:18	19:00	03:42	00:06:24	00:05:21	03:35:36	03:30:15	97.519%	15:20	15:42	00:22	0.37	450	452	155	3	158	95.334%	98.101%	91.2%
Mañana	28/03/2014	Prensa 10	08:32	13:00	04:28	00:12:12	00:13:53	04:15:48	04:01:55	94.573%	08:32	13:00	04:28	4.47	291	291	1192	32	1224	94.168%	97.386%	86.7%
Mañana	16/04/2014	Prensa 3	08:12	13:00	04:48	00:14:09	00:18:43	04:33:51	04:15:08	93.165%	08:12	13:00	04:48	4.80	481	481	2101	45	2146	92.949%	97.903%	84.8%
Tarde	16/04/2014	Prensa 3	15:02	19:00	03:58	00:09:50	00:11:56	03:48:10	03:36:14	94.770%	15:02	19:00	03:58	3.97	480	481	1808	32	1840	96.438%	98.261%	89.8%
Tarde	16/04/2014	Prensa 4	15:02	19:00	03:58	00:10:45	00:12:10	03:47:15	03:35:05	94.646%	15:05	19:00	03:55	3.92	452	452	1659	46	1705	96.310%	97.302%	88.7%
Mañana	17/04/2014	Prensa 4	08:09	13:00	04:51	00:11:24	00:09:37	04:39:36	04:29:59	96.561%	08:09	13:00	04:51	4.85	451	452	2090	51	2141	97.664%	97.618%	92.1%
Tarde	17/04/2014	Prensa 10	15:20	19:00	03:40	00:13:59	00:14:05	03:26:01	03:11:56	93.164%	16:08	19:00	02:52	2.87	291	291	753	38	791	94.821%	95.196%	84.1%
Tarde	17/04/2014	Prensa 4	15:20	19:00	03:40	00:06:36	00:05:11	03:33:24	03:28:13	97.571%	15:24	15:47	00:23	0.38	451	452	161	4	165	95.229%	97.576%	90.7%
Mañana	18/04/2014	Prensa 10	08:34	13:00	04:26	00:12:31	00:13:24	04:13:29	04:00:05	94.714%	08:34	13:00	04:26	4.43	290	291	1196	31	1227	95.109%	97.474%	87.8%
Mañana	23/04/2014	Prensa 3	08:11	13:00	04:49	00:15:48	00:16:34	04:33:12	04:16:38	93.936%	08:15	13:00	04:45	4.75	480	481	2141	64	2205	96.509%	97.098%	88.0%
Tarde	23/04/2014	Prensa 3	15:06	19:00	03:54	00:13:12	00:13:49	03:40:48	03:26:59	93.742%	15:04	19:00	03:56	3.93	481	481	1800	38	1838	97.149%	97.933%	89.2%
Tarde	23/04/2014	Prensa 4	15:06	19:00	03:54	00:10:18	00:13:46	03:43:42	03:29:56	93.846%	15:09	19:00	03:51	3.85	451	452	1667	48	1715	98.552%	97.201%	89.9%
Mañana	24/04/2014	Prensa 4	08:10	13:00	04:50	00:12:11	00:11:54	04:37:49	04:25:55	95.717%	08:11	13:00	04:49	4.82	451	452	2062	46	2108	96.825%	97.818%	90.7%
Tarde	24/04/2014	Prensa 10	15:12	19:00	03:48	00:13:29	00:15:48	03:34:31	03:18:43	92.635%	15:12	19:00	03:48	3.80	290	291	999	43	1042	94.230%	95.873%	83.7%
Tarde	24/04/2014	Prensa 4	15:12	19:00	03:48	00:06:41	00:05:23	03:41:19	03:35:56	97.568%	15:17	15:48	00:31	0.52	451	452	219	3	222	95.061%	98.649%	91.5%
Mañana	25/04/2014	Prensa 10	08:13	13:00	04:47	00:12:51	00:22:58	04:34:09	04:11:11	91.623%	08:15	13:00	04:45	4.75	291	291	1200	36	1236	89.419%	97.087%	79.5%

Fuente: Elaboración propia. 2014.

Tabla 57. Cálculo del indicador OEE en la etapa de corredizos del proceso productivo de cajas porta-medidores de energía monofásicas

PROCESO DE CORREDIZOS																						
TURNO	FECHA	MÁQUINA UTILIZADA	INICIO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TERMINO PROCESO PRODUCTIVO (HORA)	TOTAL (HORAS)	PARADAS PLANIFICADAS (PP) (HR, MIN)	PARADAS NO PLANIFICADAS (PNP) (HR, MIN)	TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN (TPO) (HORAS)	TIEMPO DE OPERACIÓN (TO) (HORAS)	DISPONIBILIDAD	INICIO MÁQUINA (HORA)	TERMINO MÁQUINA (HORA)	TOTAL (HORAS)	VALOR EN HORA	UNIDADES / HORA	CAPACIDAD NOMINAL (UND/HR)	UNIDADES CONFORMES (UND)	UNIDADES DEFECTUOSAS (UND)	UNIDADES TOTALES (UND)	RENDIMIENTO	CALIDAD	OEE
Mañana	06/03/2014	Máquina cortadora 1	08:12	13:00	04:48	00:07:31	00:05:41	04:40:29	04:34:48	97.974%	08:14	08:35	00:21	0.35	286	286	94	1	95	94.905%	98.947%	92.0%
Mañana	06/03/2014	Prensa 11	08:12	13:00	04:48	00:07:16	00:10:21	04:40:44	04:30:23	96.313%	08:47	10:35	01:48	1.80	1188	1188	2036	35	2071	96.848%	98.310%	91.7%
Mañana	07/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:14	13:00	04:46	00:14:17	00:13:19	04:31:43	04:18:24	95.099%	10:50	13:00	02:10	2.17	410	411	865	8	873	98.035%	99.084%	92.4%
Tarde	07/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:13	19:00	03:47	00:16:03	00:13:42	03:30:57	03:17:15	93.506%	15:13	18:40	03:27	3.45	409	411	1387	9	1396	98.452%	99.355%	91.5%
Mañana	27/03/2014	Máquina cortadora 1	08:11	13:00	04:49	00:06:40	00:05:04	04:42:20	04:37:16	98.205%	08:38	08:58	00:20	0.33	285	286	93	1	94	98.601%	98.936%	95.8%
Mañana	27/03/2014	Prensa 11	08:11	13:00	04:49	00:06:01	00:09:50	04:42:59	04:33:09	96.525%	08:50	10:33	01:43	1.72	1186	1188	1978	24	2002	98.166%	98.801%	93.6%
Tarde	27/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:18	19:00	03:42	00:13:55	00:11:33	03:28:05	03:16:32	94.449%	18:01	19:00	00:59	0.98	409	411	397	1	398	98.478%	99.749%	92.8%
Mañana	28/03/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:32	13:00	04:28	00:12:12	00:10:16	04:15:48	04:05:32	95.986%	09:03	13:00	03:57	3.95	411	411	1599	4	1603	98.740%	99.750%	94.5%
Mañana	17/04/2014	Máquina cortadora 1	08:09	13:00	04:51	00:06:28	00:04:47	04:44:32	04:39:45	98.319%	08:40	09:00	00:20	0.33	286	286	92	1	93	97.552%	98.925%	94.9%
Mañana	17/04/2014	Prensa 11	08:09	13:00	04:51	00:05:39	00:09:57	04:45:21	04:35:24	96.513%	08:43	10:33	01:50	1.83	1178	1188	1978	26	2004	92.011%	98.703%	87.7%
Tarde	17/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:20	19:00	03:40	00:14:06	00:11:51	03:25:54	03:14:03	94.245%	17:58	19:00	01:02	1.03	411	411	396	2	398	93.713%	99.497%	87.9%
Mañana	18/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:34	13:00	04:26	00:11:53	00:10:23	04:14:07	04:03:44	95.914%	09:01	13:00	03:59	3.98	410	411	1598	4	1602	97.853%	99.750%	93.6%
Mañana	24/04/2014	Máquina cortado 1	08:12	13:00	04:48	00:07:31	00:05:41	04:40:29	04:34:48	97.974%	08:14	08:35	00:21	0.35	286	286	94	1	95	94.905%	98.947%	92.0%
Mañana	24/04/2014	Prensa 11	08:12	13:00	04:48	00:07:16	00:10:21	04:40:44	04:30:23	96.313%	08:47	10:35	01:48	1.80	1188	1188	2036	35	2071	96.848%	98.310%	91.7%
Mañana	25/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	08:14	13:00	04:46	00:14:17	00:13:19	04:31:43	04:18:24	95.099%	10:50	13:00	02:10	2.17	410	411	865	8	873	98.035%	99.084%	92.4%
Tarde	25/04/2014	Prensa neumática (Shuler)	15:13	19:00	03:47	00:16:03	00:13:42	03:30:57	03:17:15	93.506%	15:13	18:40	03:27	3.45	409	411	1387	9	1396	98.452%	99.355%	91.5%

Fuente: Elaboración propia. 2014.