

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA

“INDOAMÉRICA”

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

“ESTUDIO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR DE LA EMPRESA CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ UBICADA EN EL SECTOR DE TABABELA – QUITO”

Trabajo bajo la modalidad de Estudio Técnico

AUTOR

Luis Bolívar Rocha Ávila

TUTOR

Ing. Pedro Muzo MSc. Mba

Ambato – Ecuador

2017

CERTIFICACIÓN

En calidad de Director del proyecto “ESTUDIO DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO Y SU INCIDENCIA EN LA DISPONIBILIDAD DE LAS MÁQUINAS DE SOLDAR DE LA EMPRESA CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ UBICADA EN EL SECTOR DE TABABELA – QUITO”, presentado por el ciudadano Luis Bolívar Rocha Ávila para optar por el título de ingeniero industrial, CERTIFICO, que dicho proyecto ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Ambato, 03 Febrero del 2017

TUTOR

.....

Ing. Pedro Muzo MSc. Mba

C.I. 180123755-1

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

El abajo firmante, en calidad de estudiante de la Facultad de ingeniería industrial, declaro los contenidos del informe de investigación científica, requisito previo a la obtención del título de ingeniero industrial, son absolutamente originales, auténticos, personales de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Ambato 03, de febrero del 2017

Luis Bolívar Rocha Ávila

C.I.050333946-7

AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Rocha Ávila Luis Bolívar, declaro ser autor de la tesis titulada “Estudio del proceso de mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de las máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez ubicada en el sector de Tababela – Quito”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, que para con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI – UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 03 días del mes de Febrero del 2017, firmo conforme:

Autor: Luis Bolívar Rocha Ávila

Firma

Número de Cédula: 050333946-7

Dirección: Latacunga

Correo Electrónico: bolivarr91@hotmail.com

Teléfono: 0987984106

APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR

El informe de investigación científica ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previa la obtención de Título de Ingeniero Industrial por lo tanto se autoriza al postulante a la presentación efectos de su sustentación pública.

Ambato, 03 Febrero del 2017

El jurado

.....

PRESIDENTE DEL JURADO

Ing. María Belén Rúales

.....

MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Isabel Quinde

.....

MIEMBRO DEL JURADO

Ing. Leonardo Sanchez

DEDICATORIA

A Dios por derramar sus bendiciones sobre mí y llenarme de su fuerza para vencer todos los obstáculos desde el principio de mi vida. A mi madre Zoila por su esfuerzo y sacrificio y a mi novia Erika por brindarme todo el amor y comprensión el apoyo incondicional y la confianza en cada momento de mi vida.

Rocha Ávila Luis Bolívar

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Tecnológica Indoamérica, a la Facultad de ingeniería Industrial, por ofrecer una educación de calidad y formar profesionales líderes en el país, a los docentes por compartir sus vastos conocimientos, al Ing. Pedro Muza por calidad de persona y docente, a la empresa "Construcciones Metalmecánicas Gómez" por permitirme realizar este proyecto de investigación a quienes quedo eternamente agradecido.

Rocha Ávila Luis Bolívar

ÍNDICE DE CONTENIDOS

PORTADA.....	i
CERTIFICACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	iii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	iv
APROBACIÓN DEL JURADO EXAMINADOR.....	v
DEDICATORIA	vi
AGRADECIMIENTO	vii
RESUMEN EJECUTIVO	xiii
SUMMARY	xiv

CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

Introducción	1
Árbol del Problema	3
Análisis Crítico	4
Antecedentes Investigativos.....	4
Justificación	9
Objetivos	10
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de estudio.....	11
Enfoque de la investigación	11
Justificación de la Metodología	11
Diseño del Trabajo	14
Operacionalización de las variables	14
Procedimientos para la obtención análisis de datos	16
Aplicación de técnicas de recolección de información	16
Plan de recolección de información	18
Aplicación de instrumentos de recolección de información	18
Procesamiento y validación	19
Plan de análisis de interpretación de resultados.....	19
Hipótesis.....	19

CAPÍTULO III DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

1.- Reconocimiento de las máquinas de soldar	20
2.- Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)	20
4.- Identificación de la falla más crítica en las máquinas de soldar	21
5.- Entrevista	21
Fórmula para calcular en índice de prioridad de riesgo	28
Cálculo del OEE.....	33
INFORME EJECUTIVO	41

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de resultado obtenido mediante la herramienta AMEF.	47
Resultado alcanzado mediante la herramienta OEE	48
Contraste con otras investigaciones	48
Resultado de la entrevista:	49
Verificación de la Hipótesis	50
Hipótesis Nula (Ho)	50
Hipótesis Alternativa (H1)	51

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones	54
Recomendaciones.....	55
Bibliografía	56
ANEXOS	58
Anexo 1. Hoja de control paros máquinas de soldar enero-junio 2016	59
Anexo 2. Cálculos mediante herramienta OEE	65
Anexo 3. Tabla de t Student	74
Anexo 4. Descripción de las operaciones	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema.....	3
Figura 2. Comparación IPR actual y el IPR con acciones tomadas.....	31
Figura 3. Disponibilidad de máquinas de soldar en el área de producción.....	33
Figura 4 Tiempo de distribución en planta Soldadora RX 330.....	36
Figura 5. OEE Construcciones Metalmecánicas Gómez	39
Figura 6. Tabla del T-STUDENT	53
Figura 7. Tiempo de distribución en planta Soldadora Miller CT-280.....	65
Figura 8. Tiempo de distribución en planta Soldadora Infra	66
Figura 9. Tiempo de distribución en planta Soldadora SV-275.....	67
Figura 10. Tiempo de distribución en planta Alimentador Miller	69
Figura 11. Tiempo de distribución en planta Alimentador Lincoln.....	70
Figura 12. Tiempo de distribución en planta Soldadora RX-450	71
Figura 13. Localización T-Student.....	74
Figura 14. Solicitud de materiales de bodega	75
Figura 15. Salida de materiales de bodega.....	75
Figura 16. Conexión de máquinas de soldar	75
Figura 17. Corte de materiales	76
Figura 18. Proceso de biselado.....	76
Figura 19. Proceso de soldadura	76
Figura 20. Proceso de esmerilado	77
Figura 21. Pintura y acabados	77
Figura 22. Almacenamiento	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Población de las máquinas de soldar	13
Tabla 2. Variable Independiente: Proceso de mantenimiento preventivo	14
Tabla 3. Variable Dependiente: Disponibilidad en las máquinas de soldar	15
Tabla 4. Recolección de información	17
Tabla 5. Máquinas de soldar de la empresa	21
Tabla 6. Promedio de tiempo de fallas en horas	22
Tabla 7. Determinación de la gravedad de fallo	23
Tabla 8. Determinación de la probabilidad de ocurrencia	24
Tabla 9. Determinación de la probabilidad de no detección	24
Tabla 10. Criterio de evaluación de la Gravedad.....	25
Tabla 11. Criterio de evaluación de la Ocurrencia	25
Tabla 12. Criterio de probabilidad de no detección	26
Tabla 13. Análisis AMEF, IPR.	27
Tabla 14. Fallas y acciones correctivas	29
Tabla 15. IPR con acciones recomendadas	30
Tabla 16. Clasificación OEE.....	34
Tabla 17. Pérdidas de disponibilidad, rendimiento y calidad.	35
Tabla 18. Codificación de máquinas de soldar	36
Tabla 19. Cálculos obtenidos de: disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE.	38
Tabla 20. OEE Total de las máquinas de soldar	38
Tabla 21. Comparación de resultados	39
Tabla 22. Falla más crítica del proceso	40
Tabla 23. Índice de prioridad de riesgos.....	51
Tabla 24. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	53
Tabla 25. Hoja de control Paros de maquinaria (Enero 2016).....	59
Tabla 26. Hoja de control Paros de maquinaria (Febrero 2016)	60
Tabla 27. Hoja de control Paros de maquinaria (Marzo 2016)	61
Tabla 28. Hoja de control Paros de maquinaria (Abril 2016)	62
Tabla 29. Hoja de control Paros de maquinaria (Mayo 2016)	63
Tabla 30. Hoja de control Paros de maquinaria (Junio 2016).....	64

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERIA INDUTRIÁL

“Estudio del proceso del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de las máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez ubicada en el sector de Tababela - Quito”

Autor: Luis Bolívar Rocha Ávila

Tutor: Ing. Pedro Muzo MSc. Mba

RESUMEN EJECUTIVO

La siguiente investigación se realizó en la empresa "Construcciones Metalmecánicas Gómez", ubicada en Quito. El objetivo principal de la investigación fue estudiar el proceso de mantenimiento preventivo con el fin de aumentar la disponibilidad de máquinas de soldar en el establecimiento antes mencionado. Se revisaron los paros históricos de las máquinas de soldar, proceso Smaw – Fkaw, además se realizó un análisis del proceso de mantenimiento preventivo que la empresa dispone, también sobre el traslado de máquinas de un lugar a otro para cumplir con las necesidades de los clientes. De la misma manera, cada una de las fallas, así como las más frecuentes, se detectaron mediante el uso del método AMEF (Análisis de Modo de Efectos de Falla). Por otra parte, el Overall Equipment Efficiency (OEE, Eficiencia General de los equipos), medido entre enero y junio, se determinó los siguientes resultados: disponibilidad 86%, rendimiento 14%, calidad 84%. Estos meses específicos fueron tomados en cuenta, debido a que la demanda es mayor durante el primer semestre. Así mismo, se hicieron otros registros porque estos procesos sólo estaban documentados en una bitácora. Finalmente, esta investigación demostró que el estudio del proceso de mantenimiento preventivo y las máquinas de soldar es de suma importancia para satisfacer las necesidades de los clientes.

Descriptor: AMEF, Disponibilidad, Eficiencia, Mantenimiento, OEE.

TECHNOLOGICAL UNIVERSITY INDOAMERICA
FACULTY OF INDUSTRIAL ENGINEERING

A study of the preventive maintenance process and its impact in the availability of welding machines in the factory “*Construcciones Metalmecánicas Gómez*”, located in Tababela, Quito.

Author: Luis Bolívar Rocha Ávila

Tutor: Ing. Pedro Muzo MSc. Mba

SUMMARY

The following research was carried out in the company “*Construcciones Metalmecánicas Gómez*”, located in Quito. The main objective of the investigation was to study the preventive maintenance process in order to increase the availability of welding machines in the aforementioned establishment. Aiming to this, the historical downtimes of the machinery involved in the welding process; Miller, Lincoln Electric, Infra and TIG process feeders were analyzed. Also, the welding process, the transfer of machines from one place to another and the maintenance of these gears were studied. In the same way, each of the faults, as well as the most frequent ones were detected by using the FMAEC or AMEF (The Failure Mode Effects and Critically Analysis) method. Furthermore, The OEE (Overall Equipment Effectiveness) measured from January to June, the peak demand months, determined the following results: availability 86%, performance 14%, quality 84%. These specific months were taken into account, due to the fact that the demand is higher during the first semester. Likewise, other records were made because these processes were only documented in a logbook. Finally, this investigation proved that the study of the preventive maintenance process and the welding machines is of paramount importance to meet the requirements of the clients.

Descriptors: FMAEC. Availability, Performance, Quality, Maintenance, OEE..

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Tema

“Estudio del proceso del mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de las máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez ubicada en el sector de Tababela - Quito”

Introducción

“En la actualidad la empresa que debe enfrentar cambios actuales del mundo industrial debe estar preparada para asimilar los cambios que le imponen al desarrollo, pero lo importante y que se define es contar con personal calificado capaz de enfrentar estos retos y llevar a la empresa al éxito” (Mendez, 2015)

El mantenimiento preventivo forma una parte importante en las organizaciones, y se orienta a la utilización adecuada en los recursos y medios con la finalidad de conservar los equipos de producción y garantizar que las condiciones de los trabajos se cumplan y en el tiempo acordado con el cliente.

Así comenta Ángel Gómez, gerente de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez en una entrevista realizada por la entidad Financiera Cooprogreso: “Tenemos más de 12 años de experiencia como empresa trabajando para distintos clientes; de las industrias más importantes del país, apuntando siempre a mejorar la calidad de nuestro trabajo para que el cliente tenga un mejor servicio; que para ello estamos en constante capacitación de nuestro personal”. (Cooprogreso, 2015).

La presente investigación contiene 5 capítulos en estudio: los cuales se enfocan al mantenimiento preventivo y al cálculo de la disponibilidad de las máquinas de soldar en la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

En el primer capítulo se desarrolla el análisis crítico de la empresa mediante el árbol de problemas, identificando el problema investigativo, los antecedentes investigativos recopilados de tesis referentes el estudio, la justificación, importancia, impacto, beneficiarios y se factibilidad, también se establece los objetivos generales y específicos, las variables en estudio.

El segundo capítulo se refiere a la metodología de la investigación del área de estudio, enfoque de la investigación, justificación de la investigación, población y muestra, operacionalización de las variables dependiente como independiente.

El tercer capítulo se refiere al desarrollo de la investigación, donde se revisará las bitácoras, toma de datos que se recopilará de la empresa.

En el cuarto capítulo, se realiza la interpretación de resultados obtenidos en el estudio, se efectúa con la comparación de otras investigaciones, la verificación de hipótesis.

En el capítulo cinco se redactan las conclusiones recomendaciones del estudio, se presentan referencias bibliográficas.

Situación Problemática

Árbol del Problema

EFECTOS

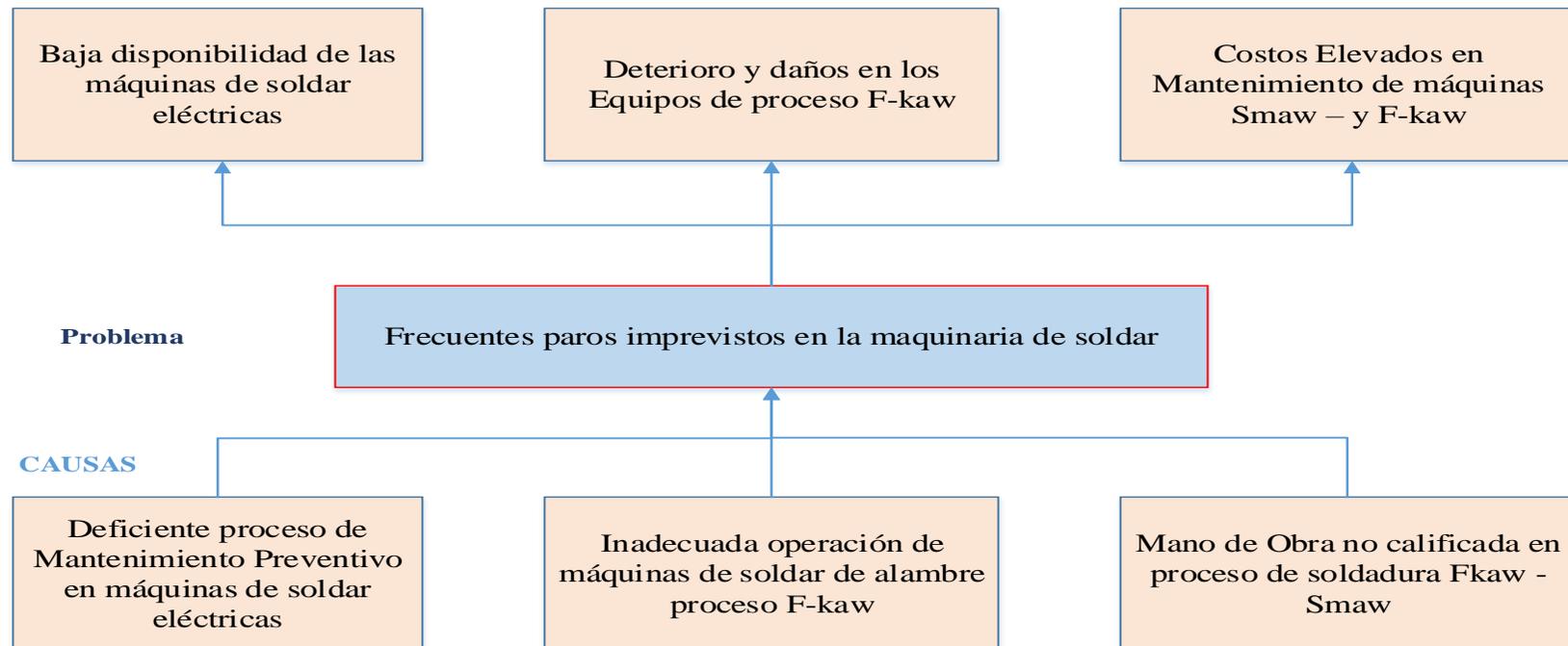


Figura 1. Árbol del problema
Elaborado Por: Luis Rocha

Análisis Crítico

El deficiente proceso de mantenimiento preventivo en máquinas de soldar eléctricas ha provocado frecuentes paros imprevistos en las máquinas de soldar lo que genera una baja disponibilidad de las mismas.

La inadecuada operación de las máquinas de soldar de alambre de proceso F-Kaw presenta frecuentes paros imprevistos en la maquinaria de soldar lo que ocasiona el deterioro de las mismas.

La mano de obra no calificada en el proceso de soldadura Fkaw- Smaw es uno de los motivos principales para que las máquinas presenten fallos, el personal no cuenta con los conocimientos técnicos necesarios lo que ocasiona costos elevados en el mantenimiento.

Antecedentes Investigativos

El presente Estudio Técnico se respalda con tesis y estudios al tema tratado.

En la tesis realizada por (Villa, 2014), “Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los talleres de soldadura Cedicom, fundición de máquinas y herramientas” de la Universidad ESPOCH, previo al título de Ingeniero Mecánico sus conclusiones fueron:

- Al evaluar el estado actual de los talleres se constató la deficiente administración de los talleres analizados, ya que no contaban con una planificación y programación adecuada de mantenimiento.
- Los manuales que se elaboraron para cada uno de los talleres abarcan datos técnicos información de las tareas, recomendaciones de seguridad, detalle de los procesos, registros e historiales, basados en análisis de un estado técnico actual.

- Al determinar la forma correcta y segura de realizar las distintas operaciones que componen los distintos procesos, se elimina la posibilidad que por una mala manipulación, los aparatos puedan ser averiados.
- Al implementar un código, ayuda a organizar categorizar y localizar la máquina, equipo, instrumento del taller respectivo, para su posterior seguimiento, facilitando la ejecución de las diferentes tareas de mantenimiento.
- Las tareas de mantenimiento se han establecido de acuerdo al tipo de taller o aparato presente, seleccionando las que mejor se adapten a las necesidades y requerimientos asegurando el entorno de trabajo y extendiendo la vida útil de sus activos.
- Para el diseño de las fichas, necesarias para la estructuración tanto de los manuales de procesos y de mantenimiento, se ha tomado en cuenta la información necesaria a ubicarse dentro de cada uno de los formatos establecidos para toda la facultad, variando ciertos esquemas dependiendo del taller, pero basándose en un mismo estilo.
- Los registros, historiales de averías y demás documentos para la gestión adecuada del mantenimiento favorecen al control y mejora del plan de mantenimiento aplicado en el taller, en estos se han establecidos ciertos campos que facilitan la observación y análisis de los diferentes trabajos realizados.

El autor también recomienda:

- Cambiar y repotenciar las máquinas o equipos que sobrepasan los treinta años de funcionamiento, por ser obsoletos tecnológicamente, o no encontrarse en condiciones óptimas de uso.

- Capacitar a los estudiantes sobre los procedimientos antes, durante y después de la realización de las diferentes prácticas de taller y concientizar sobre el uso de las mismas, para evitar daños por supuesto desconocimiento de las actividades previas al ensayo o por mala manipulación.
- Gestionar para que los estudiantes de la escuela de ingeniería de mantenimiento sean las personas encargadas de mantener en estado óptimo el equipamiento de cada taller a través de la realización de prácticas aportando así conocimiento técnico y a su vez al normal desarrollo de actividades académicos-prácticas de los demás estudiantes.
- Gestionar la adquisición de repuestos e insumos necesarios para el mantenimiento e instaurar una bodega para todo este tipo de elementos.
- Actualizar la documentación pertinente constantemente por parte de una unidad de control de bienes para tener en cuenta el equipamiento de cada uno de los talleres y laboratorios de la Facultad de mecánica y a su vez conocer las condiciones operativas en las que están las diferentes máquinas y equipos de los mismos.

Con la tesis de Villa, Ángel sobre “Diseño e implementación de un manual de operación y mantenimiento para los talleres de soldadura Cedicom, fundición de máquinas y herramientas”, es de ayuda significativa para el estudio del mantenimiento de los equipos puesto que evalúan las instalaciones, equipos para su correcto funcionamiento y que este no tenga paros imprevistos, y tampoco exista pérdidas económicas por retrasos en la entrega del servicio.

Otra tesis relacionada con el tema de investigación a desarrollar es: (Baño, 2014) “Elaboración de un manual de mantenimiento para el laboratorio de soldadura de la EPN”, previo a la obtención de título de Tecnólogo en mantenimiento Industrial en la Escuela Politécnica Nacional. Sus conclusiones Fueron.

- Por medio del mantenimiento se puede conservar de manera adecuada las instalaciones, maquinaria y se puede trabajar en ambiente de orden y seguridad; por tanto la gestión de mantenimiento que necesita el laboratorio a más de la conservación y funcionamiento correcto de la maquinaria es importante una adecuada organización y espacio para la misma ya que aún se mantiene equipos fuera de servicio afectando espacios que podrán ser utilizados por máquinas que están en funcionamiento.
- Las máquinas que no están en funcionamiento, en algunos casos, solo necesitan repuestos y no una reparación costosa; por lo que es necesario gestiones para la asignación de un presupuesto adecuado dirigido a la reposición de los mismos.
- El mantenimiento preventivo planificado de la máquina se puede llevar a cabo sin ningún inconveniente, ya que la maquinaria solo es utilizada para prácticas y se lo puede realizar sin ningún pretexto, ya que siempre se tendrá un tiempo adecuado para realizarlo.
- Es necesaria una gestión adecuada para eliminación de chatarra; equipos en desuso y herramientas fuera de servicio; ya que afecta la limpieza y organización de las que sí están habilitadas.

El autor también recomienda:

- Es importante utilizar los formatos para la adquisición de herramientas y repuestos ya que sin un pedido formal de los mismos no se le va a dar importancia que con uno con sus respectivas justificaciones y necesidades de reposición.
- Es importante hacer informes de mantenimiento ya que de ahí parten las necesidades de repuestos, limpieza y gestión de mejora continua del laboratorio.
- Restablecer de mejor manera los espacios ya que ayudan a disminuir acumulaciones de basura y polvo que afecta el correcto funcionamiento de la maquinaria y lo principal para una buena tarea de limpieza es eliminar las fuentes de contaminación.
- Se recomienda inculcar a los estudiantes sobre el buen uso de los laboratorios en general y aportar con la mejora continua; además se necesitan tareas de mantenimiento tanto preventivo como correctivo, y esta labor se podría realizar de manera conjunta con los estudiantes aprovechando la reparación de una máquina siempre es aprovechable para el aprendizaje de las carreras técnicas.

Según la tesis de Baño, María (2014), Se enfoca en el cuidado de las máquinas de soldar aplicando el proceso de mantenimiento preventivo mediante las inspecciones programadas, y exista una buena disponibilidad de las mismas.

Justificación

El presente trabajo investigativo se enfoca en la aplicación de los conocimientos adquiridos e identificar las acciones necesarias para corregir los paros inesperados de las máquinas de soldar de Construcciones Metalmecánicas Gómez las cuales presentan un deficiente mantenimiento preventivo.

El Gobierno Nacional preocupado por el desarrollo y crecimiento del país se ha enfocado en el cambio de la matriz productiva que se encuentra en el “Plan Nacional del Buen vivir” desde el (año 2013- 2017), diversificar y generar mayor valor agregado en los sectores prioritarios que proveen servicios, “Fomentar la generación de capacidades técnicas y de gestión en los servicios, para mejorar se prestación y contribuir a la transformación productiva”. (Plan del buen vivir, 2013-2017).

Mediante este desarrollo de la investigación se manejará el método de análisis de modos y efectos de falla (AMEF), para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad.

El estudio del mantenimiento preventivo de las máquinas de soldar, es importante en todas las empresas debido a que la gran mayoría de industrias necesita soldadura de calidad y así satisfacer las necesidades de los clientes.

El impacto que tiene el presente estudio es positivo para la empresa debido a que busca mejorar la disponibilidad de las máquinas de soldar incrementando la seguridad en los trabajadores y la protección al medio ambiente.

A través del desarrollo de esta investigación se facilitará mecanismos y herramientas adecuadas con la finalidad de evitar fallas inesperadas de las máquinas de soldar asegurando se completa disponibilidad para la empresa.

El principal beneficiario es la empresa debido a que incrementa el nivel de producción, los soldadores que tendrán máquinas en óptimas condiciones, se brinda una visión de protección al medio ambiente al igual que los clientes recibirán los servicios de calidad y a tiempo.

Por todo lo expuesto se concluye que la presente investigación es factible la empresa brinda las facilidades para el estudio.

Objetivos

Objetivo General

Estudiar el proceso de Mantenimiento preventivo y su incidencia en la disponibilidad de las máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez ubicada en el sector de Tababela – Quito.

Objetivos Específicos

- Evaluar el proceso de mantenimiento preventivo para identificar no conformidades, utilizando el método de fallas (AMEF), en la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez. (x)
- Determinar los niveles de disponibilidad de máquinas para identificación de fallas, mediante el uso de la herramienta (OEE), de las máquinas de construcciones Metalmecánicas Gómez.(y)
- Identificar la falla más crítica en las máquinas de soldar de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

CAPÍTULO II METODOLOGÍA

Área de estudio

- **Dominio:** Tecnología y sociedad
- **Línea de investigación:** Empresarialidad y productividad
- **Campo:** Ingeniería Industrial
- **Área:** Proceso de Mantenimiento Preventivo
- **Aspecto:** Disponibilidad
- **Objeto de estudio:** Proceso de Mantenimiento Preventivo
- **Periodo de análisis:** Enero a Junio 2016

Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo y cualitativo se obtiene mediante los datos de registros los cuales se encuentran en las bitácoras de la empresa, y adicional toda la información que se recopilará mediante las entrevistas de campo.

Justificación de la Metodología

La presente investigación es bibliográfica – documental, debido a que la información se obtiene de fuentes bibliográficas.

Se utiliza la investigación de campo porque se recopiló toda la información en el sitio donde se presentan los problemas, mediante la revisión de bitácoras, hojas técnicas y catálogos, con esta información se obtiene el promedio de fallas de las máquinas de soldar mediante el uso del método AMEF.

También se utilizará la Herramienta OEE, la cual permite conocer la eficiencia productiva de las máquinas de soldar, esta herramienta sirve para medir tres parámetros: disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas.

Población y muestra

Para el desarrollo del estudio de población de equipos se tomará la información del área de sala de máquinas que conforma la empresa.

La muestra debe tener un tamaño suficiente para garantizar la representatividad. El tamaño dependerá el propósito de la investigación de la población. Para poblaciones pequeñas (N menor de 100) mejor tomar toda la población (Gonzales, 2011).

En la Tabla 1. se muestra la población de estudio de las máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

En la Tabla 2. se muestra la operacionalidad de la variable independiente (Proceso de mantenimiento preventivo).

En la Tabla 3. se muestra la operacionalidad de la variable dependiente (disponibilidad de máquinas).

Tabla 1. Población de las máquinas de soldar

Descripción	Marca	Código	Cantidad
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Lincoln Electric	Rx 330	8
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Lincoln Electric	Rx 450	2
Soldadora Portátil (SMAW)	Lincoln Electric	Sv 275	4
Soldadora Portátil (SMAW)	Miller	CT 280	8
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Miller	CT 350	2
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Infra	350	2
Alimentador (MIG-MAG)	Miller	250	2
Alimentador (MIG-MAG)	Lincoln Electric	280	2
TOTAL POBLACIÓN			30

Elaborado Por: Luis Rocha

Diseño del Trabajo

Operacionalización de las variables

Tabla 2. Variable Independiente: Proceso de mantenimiento preventivo

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes del investigador	Técnicas/ Instrumentos
Actividades de mantenimiento Preventivo de máquinas de soldar destinadas a la conservación de equipos en un estado de seguridad y operación para el correcto funcionamiento y Fiabilidad	Actividades de mantenimiento preventivo	Planes de mantenimiento	¿Considera que el mantenimiento preventivo aplicado a las máquinas de soldar en la empresa es el adecuado?	T: Observación, entrevista, análisis documental. I: Check List, Cuestionario estructurado, bitácoras y catálogos
		Revisiones e inspecciones	¿Considera usted que las capacitaciones recibidas han ayudado a el manejo de las máquinas?	T: Observación, entrevista, análisis documental. I: Check List, Cuestionario estructurado, bitácoras y catálogos
	Fiabilidad	Registros de fallos Históricos	¿Cuál cree usted que son las principales causas que afectan a la Fiabilidad de las máquinas?	T: Observación, entrevista, análisis documental I: Check List, Cuestionario estructurado, método AMEF
		Reparaciones entregadas	¿Cómo calificaría usted la disponibilidad de las máquinas de soldar en el proceso productivo?	T: Observación, entrevista, análisis documental I: Check List, Cuestionario estructurado, Herramienta OEE

Elaborado por: Luis Rocha

Tabla 3. Variable Dependiente: Disponibilidad en las máquinas de soldar

Conceptualización	Dimensiones	Indicadores	Interrogantes del investigador	Técnicas/ Instrumentos
Tiempo disponible de las máquinas de soldar en condiciones óptimas para desarrollar sus actividades sin averías	Tiempo disponible	Número de Horas disponible	¿Considera que la falla de mantenimiento preventivo produce retrasos en la producción?	T: Entrevista, análisis documental. I: Cuestionario estructurado, bitácoras y catálogos, OEE
		Número de paros en las máquinas	¿Considera que la restauración del proceso de mantenimiento preventivo ayudara a incrementar la disponibilidad de la maquinaria?	T: Entrevista, análisis documental. I: Cuestionario estructurado, bitácoras y catálogos, AMEF
	Averías	Retraso en entrega de productos	¿Considera que el encargado de mantenimiento tiene las herramientas necesarias para dar solución a los problemas encontrados?	T: Observación, entrevista, análisis documental. I: Check List, Cuestionario estructurado, bitácoras y catálogos
		Paras de producción	¿Cuál cree usted que son las principales causas que producen averías en una máquina de soldar?	T: Observación, entrevista, análisis documental. I: Check List, Cuestionario estructurado, bitácoras y catálogos

Elaborado por: Luis Rocha

Procedimientos para la obtención análisis de datos

Para la recolección de la información se siguieron los siguientes pasos:

- Mediante un oficio se solicita autorización al gerente de la empresa Sr. Ángel Gómez, para la revisión de sus máquinas de soldar, y de la infraestructura.
- Entrevista con el gerente de Construcciones Metalmecánicas Gómez Sr. Ángel Gómez, y con el jefe del área de producción Sr. Marco Vega sobre las anomalías que presencia con mayor frecuencia la empresa.
- La técnica a utilizar es la observación y la revisión documental de registros, los cuales brindan información de maquinaria y los paros imprevistos más frecuentes.

Aplicación de técnicas de recolección de información

- Se usa la técnica de la observación, mediante la cual se puede visualizar el tipo y el número de máquinas que están en el proceso de soldadura.
- Revisión documental, mediante esta técnica se analizará los datos secundarios encontrados en la empresa, como son las bitácoras.
- La entrevista enfocada a los paros más frecuentes de las máquinas de soldar.

En la Tabla 4. se muestra la técnica utilizada para la recolección de información, y la preguntas frecuentes para el estudio.

Tabla 4. Recolección de información

PREGUNTAS BÁSICAS	EXPLICACIÓN
1. ¿Para qué?	Para llega a los objetivos del estudio
2. ¿De qué personas u objetos?	Máquinas de soldar
3. ¿Sobre qué aspecto?	Mantenimiento preventivo
4. ¿Quién? ¿Quienes?	Luis Rocha
5. ¿Cuándo?	Enero a Junio 2016
6. ¿Dónde?	Construcciones Metalmecánicas Gómez
7. ¿Cuántas veces?	La que sean necesarias
8. ¿Qué técnicas de recolección?	Observación, cuestionario estructurado y análisis documental
9. ¿Con qué?	Check List, Entrevista método (AMEF), Herramienta (OEE).
10. ¿En qué situación?	En el área de soldadura, de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez

Elaborado Por: Luis Rocha

Fuente: (Galo, Naranjo, 2012)

Plan de recolección de información

- Reconocimiento de las máquinas de soldar en la empresa construcciones Metalmecánicas Gómez, mediante la observación.
- Se analiza con la herramienta (AMEF), modo de efectos de fallas, para verificar la disponibilidad de máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.
Se toma referencia los paros históricos en los primeros 6 meses del año para verificar la disponibilidad.
- Se analiza con la herramienta OEE, para verificar la eficiencia de las máquinas de soldar.
- Revisar el estado crítico de los daños más comunes de las máquinas de soldar mediante el índice de prioridad de riesgo (IPR).
- Entrevista al gerente Sr. Ángel Gómez, y el Sr. Marco Vega, encargado del área de producción, quienes mencionan que existe quejas por la demora en la entrega de los servicios.

Aplicación de instrumentos de recolección de información

- Check list, es un instrumento que permite tener un primer inventario o verificación de las características de los procesos en estudio.
- Método AMEF, es una metodología simple y que es muy fácil de aplicarla por es que entiende cómo funciona todo un sistema y los fallos que se dan en él, lo cual ayuda con mejores oportunidades para el mantenimiento.
- OEE es una herramienta que ayuda a controlar la calidad, rendimiento y la disponibilidad de las máquinas de soldar.

Procesamiento y validación

Para el procesamiento y validación se utilizará las siguientes herramientas.

- Revisión de la información para los análisis es decir la información más relevante al mantenimiento.
- Revisar una y otra vez la información recolectada, para así evitar que exista errores, y no haya reproceso de información.
- Tabular la información en tablas, para cada variable.
- Estudio estadístico de los datos de la empresa, para la interpretación de los resultados.
- Manejo de la información, con gráficos, tablas, diagramas para evitar distorsión de la información.

Plan de análisis de interpretación de resultados

- Análisis de los resultados estadísticos, destacando relaciones fundamentales con los objetivos y la hipótesis.
- Interpretación de resultados.
- Establecimiento de conclusiones y recomendaciones.

Hipótesis

Nula

El proceso de mantenimiento preventivo no incide en la disponibilidad de máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, ubicada en el sector de Tababela.

Alterna

El proceso de mantenimiento preventivo incide en la disponibilidad de máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, ubicada en el sector de Tababela.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

1.- Reconocimiento de las máquinas de soldar

- El reconocimiento de las máquinas de soldar se efectúa recorriendo las instalaciones, así también en el área de soldadura de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

2.- Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

- El método AMEF, es aplicable para la identificación de las fallas más frecuentes que ocurren en la empresa, se identifica los paros más frecuentes, para analizar los índices de prioridad de riesgos, y conocer el estado crítico de las máquinas de soldar, datos que son tomados en un periodo de seis meses de enero a junio del 2016.

3.- Efectividad Global de los equipos OEE.

- La herramienta OEE, permite evaluar la disponibilidad, rendimiento y la calidad de las máquinas de soldar, una vez identificada la población de máquinas de soldar se analizará cada una de ellas, para conocer el porcentaje de cada una de las variables en estudio.

4.- Identificación de la falla más crítica en las máquinas de soldar

- Se identifica la falla más crítica mediante el cálculo del Índice de prioridad de riesgo (IPR), dicho método ayuda a disminuir el potencial de riesgo mediante las acciones recomendadas del método AMEF.

5.- Entrevista

- Para la realización de la entrevista se utiliza el cuestionario estructurado, dicha entrevista se efectuó al gerente de la empresa y al jefe de producción.

A continuación se efectúa el desarrollo de cada uno de los numerales mencionados anteriormente.

Reconocimiento de las máquinas de soldar

En la Tabla 5. se muestra el reconocimiento de las máquinas de soldar.

Tabla 5. Máquinas de soldar de la empresa

Elaborado por: Luis Rocha

Descripción	Marca	Código	Cantidad
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Lincoln Electric	Rx 330	8
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Lincoln Electric	Rx 450	2
Soldadora Portátil (SMAW)	Lincoln Electric	Sv 275	4
Soldadora Portátil (SMAW)	Miller	CT 280	8
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Miller	CT 350	2
Soldadora Eléctrica (SMAW)	Infra	350	2
Alimentador (MIG-MAG)	Miller	250	2
Alimentador (MIG-MAG)	Lincoln Electric	280	2
TOTAL POBLACIÓN			30

Análisis de Modos y Efectos de Falla (AMEF)

Se analizará cada una de las máquinas de soldar de la Tabla 5. para ello se analizarán las bitácoras, catálogos, en función del registro de fallas.

Tiempo Promedio de fallas

En la Tabla 6. se muestra el registro de fallas de las máquinas de soldar, en cada uno de los meses en estudio, los datos obtenidos por cada mes se encuentran en el Anexo1.

Tabla 6. Promedio de tiempo de fallas en horas

Meses	Horas	Área
Ene	27	Producción
Feb	23	Producción
Mar	21	Producción
Abr	28	Producción
May	24	Producción
Jun	23	Producción
Total	146	

Elaborado por: Luis Rocha

Cálculo de promedio de fallas de las máquinas de soldar

El cálculo del promedio de fallas se realiza mediante la suma de los paros antes mencionados para conocer el total de horas que la maquinaria permanece sin funcionar.

$$\text{Promedio de Fallas} = \text{Ene} + \text{Feb} + \text{Mar} + \text{Abr} + \text{May} + \text{Jun}$$

$$\text{Promedio de Fallas} = 27 + 23 + 21 + 28 + 24 + 23$$

$$\text{Que promedio de Fallas} = 146 \text{ Horas}$$

Respecto al cálculo se observa que el área de producción tuvo una para de 146 horas en los seis meses, en las máquinas de soldar.

En este punto se calcula el IPR, en función de la Gravedad, Ocurrencia y Detección (GOD) dicho criterio se toma de (Jose Manuel, Domenech, 2013).

En la Tabla 7. la gravedad es un valor entre 1 y 10, que indica la influencia del fallo en el grado de satisfacción del cliente (en el caso del AMEF de diseño), o la perturbación que el fallo pueda producir en el proceso productivo (para el AMEF del proceso). Los criterios que se incluyen en la tabla pueden servir de referencia en la valoración de la gravedad:

Tabla 7. Determinación de la gravedad de fallo

Criterio	Índice
Muy leve (Casi imperceptible)	1-2
Leve	3-4
Gravedad moderada	5-6
Gravedad alta	7-8
Muy grave	9-10

Elaborado por: Luis Rocha

Fuente: (Jose Manuel, Domenech, 2013)

En la Tabla 8. la probabilidad de ocurrencia es un valor entre 1 (mínima probabilidad) y 10 (máxima probabilidad) que indica la probabilidad de que el fallo ocurra. Si bien no existen unas reglas normalizadas para la valoración de la probabilidad de ocurrencia, en la tabla se indican unos criterios de valoración que pueden servir de referencia.

Tabla 8. Determinación de la probabilidad de ocurrencia

Criterio	Índice
Casi improbable	1-2
Probabilidad baja	3-4
Probable	5-6
Alta probabilidad	7-8
Casi con certeza	9-10

Elaborado por: Luis Rocha

Fuente: (Jose Manuel, Domenech, 2013)

En la Tabla 9. indica la probabilidad de no detectar el fallo antes de entregar el producto al cliente (para el AMFE de diseño), o durante su fabricación (para el AMFE de proceso). Al igual que en los casos anteriores toma valores comprendidos entre 1 y 10. La tabla muestra un criterio de clasificación que puede servir de referencia en la valoración de la probabilidad de no detección:

Tabla 9. Determinación de la probabilidad de no detección

Criterio	Índice
Casi improbable de que los controles no detecten el fallo	1-2
Baja probabilidad de no detección	3-4
Probabilidad media	5-6
Alta probabilidad de no detección	7-8
Probabilidad muy alta de no detectar el fallo	9-10

Elaborado por: Luis Rocha

Fuente: (Jose Manuel, Domenech, 2013)

A continuación se detalla los criterios de evaluación que se utilizó para el presente estudio.

En la Tabla 10. se muestra el criterio de gravedad de las máquinas de soldar de Construcciones Metalmecánicas Gómez, en base al número de horas que fallaron en el proceso.

Tabla 10. Criterio de evaluación de la Gravedad

Criterio de horas con fallos	Gravedad
De 1 a 4 horas	1
De 5 a 8 horas	2
De 9 a 12 horas	3
De 13 a 16 horas	4
De 17 a 20 horas	5
De 21 a 24 horas	6
De 25 a 28 horas	7
De 29 a 32 horas	8
De 33 a 36 horas	9
De 37 a 40 horas	10

Elaborado por: Luis Rocha

En la Tabla 11. se muestra el criterio de ocurrencia, la cuál indica el número de veces que una máquina de soldar se detuvo por un daño similar.

Tabla 11. Criterio de evaluación de la Ocurrencia

Criterio cantidad de paros	Ocurrencia
De 1 a 2 veces	1
De 3 a 4 veces	2
De 5 a 6 veces	3
De 7 a 8 veces	4
De 9 a 10 veces	5
De 11 a 12 veces	6
De 13 a 14 veces	7
De 15 a 16 veces	8
De 17 a 18 veces	9
De 19 a 20 veces	10

Elaborado por: Luis Rocha

En la Tabla 12. se muestra el criterio para el presente estudio sobre la probabilidad de no detección, es decir las veces que el operario puede o no detectar una falla

Tabla 12. Criterio de probabilidad de no detección

Operario	Detección	Criterio
Casi seguro de detectar una falla	1	1 - 2
Muy alto de detectar una falla	2	3 - 4
Alto de detectar una falla	3	5 - 6
Altamente moderado para detectar la falla	4	7 - 8
Moderado de detectar una falla	5	9 - 10
Bajo de detectar una falla	6	11 - 12
Muy bajo de detectar una falla	7	13 - 14
Alejado de detectar una falla	8	15 - 16
Muy alejado de detectar una falla	9	17 - 18
Casi imposible de detectar una falla	10	19 - 20

Elaborado por: Luis Rocha

En la Tabla 13. se muestra el método AMEF y el cálculo del IPR, mediante los parámetros obtenidos de gravedad, ocurrencia y detección de las Tablas 10, 11 y 12 respetivamente, evaluando los datos de Anexo 1.

Tabla 13. Análisis AMEF, IPR.

Análisis de modos de fallas, efectos y criticidad (AMEF)									
Producto/Servicio: Proceso:					Responsable del análisis: Fecha de aprobación: Fecha de revisión:				
EQUIPO	MODO POTENCIAL DE FALLO	EFECTO POTENCIAL DE FALLO	CAUSA POTENCIAL DE FALLO	MÉTODO OCURENCIA Y DETECCION	GRAVEDAD	OCURENCIA	DETECCIÓN	IPR	ACCIÓN RECOMENDADA
Máquinas de soldar	-Rotura de ventilador y bobina	40 Horas	Fallo Ventilador	9 Veces	10	5	5	250	Cambio Vent.bobina
	-Recalentamiento de carbones	6 Horas	Desgaste	4 Veces	2	2	2	8	Cambio Carbones
	-Baja de amperaje y cortos	17 Horas	Mala calibración	7 Veces	5	4	4	100	Revisión conexiones
	-Recalentamiento de pinza masa y porta electrodos	15,30 Horas	Temperatura alta	16 Veces	4	8	8	256	Soporte 500 amperios
	-Sobrecarga alternador	15 horas	Energía	4 Veces	4	2	2	16	Descanso máquinas
	-Rotura Antorcha	8 Horas	Mal uso	5 veces	2	3	3	18	Adaptar palillo
	-Rozamiento de carcaza con bobina y poleas	30,30 Horas	Mal uso	7 veces	8	4	4	128	Ajuste de bases y poleas.
	Remordedora de cable tig	14 Horas	Calibración	8 veces	4	4	4	64	Calibración de sistema y cables

Elaborado por: Luis Rocha

Fórmula para calcular en índice de prioridad de riesgo

Con el manejo de la ecuación 1 (Chiluisa, 2016), para el índice de prioridad de riesgo que resulta de la multiplicación de Gravedad, ocurrencia y detección, para ello se redacta en la tabla N° 9.

$$\text{IPR} = \text{G} \times \text{O} \times \text{D}$$

(Ecuación 1)

Donde:

G = Gravedad

O = Ocurrencia

D = Detección

Ejemplo:

Rotura de ventilador y bobina

$$\text{IPR} = \text{G} \times \text{O} \times \text{D}$$

$$\text{IPR} = 10 \times 5 \times 5 = 250$$

La Tabla 13. muestra los valores de gravedad, ocurrencia y detección, evaluando a seguir los criterios de las Tablas 10,11 y 12 y se encuentra el cálculo del IPR descrito anteriormente.

La Tabla 14. muestra las fallas más comunes que se dan en la máquinas de soldar en el proceso productivo, así también indica las acciones correctivas para disminuir 1 valor establecido en la tabla en ocurrencia y detección, por cada acción correctiva que se aplique, la gravedad en el presente estudio será la misma ya que no se puede cambiar debido que existe la probabilidad de falla.

Tabla 14. Fallas y acciones correctivas

Fallas máquinas de soldar	Acciones correctivas Ocurrencia	Acciones correctivas Detección
Rotura de Ventilador y bobina	-Cambio de ventilador y bobina -Reajuste de tornillería	-Monitoreo y seguimiento -Programar mantenimientos preventivos mensuales
Recalentamiento de carbones	-Reajuste de tornillería -Cambio de carbones	-inspecciones rutinarias -monitoreo térmico
Baja de amperaje y cortos	-Mantenimiento técnico especialista	-Monitoreo y documentación
Recalentamiento pinzas	-Selección de pinzas de 500 amperios. -Reajuste de terminales - Cables adecuado	-Capacitación operadores, para colocar pinza en el sitio de la soldadura -Check List
Sobrecarga alternador	-Mantenimiento preventivo técnico especialista	-Realizar control y monitoreo
Rotura de antorcha	-Adaptar un sistema de palillo -Disponibilidad de repuestos	-Entrenamiento operadores - Evaluaciones rutinarias
Rozamiento de carcasa y bobinas	-Ajuste bases de poleas -Mantenimientos rutinarios	-inspecciones rutinarias -Monitoreo de vibraciones
Remordedora de cable Tig	-Reajuste de elementos del alimentados	-Check list -Calibración

Elaborado por: Luis Rocha

En la Tabla 15. se muestra el IPR con acciones recomendadas, donde se aplica los métodos de la Tabla 14. para mejorar los índices de ocurrencia y detección.

Tabla 15. IPR con acciones recomendadas

Fallos con acciones recomendadas	G	O	D	IPR. Corregido
Rotura de Ventilador y bobina	10	3	3	90
Recalentamiento de carbones	2	1	1	2
Baja de amperaje y cortos	5	2	2	20
Recalentamiento pinzas	4	5	6	120
Sobrecarga alternador	4	1	1	4
Rotura de antorcha	2	1	1	2
Rozamiento de carcasa y bobinas	8	2	2	32
Remordedora de cable Tig	4	2	2	16

Elaborado por: Luis Rocha

En la Figura N° 2. se realiza la comparación entre el índice de prioridad de riesgo actual y el índice de prioridad de riesgo aplicando las acciones tomadas de la Tabla 10. las cuales permitieron una reducción en el IPR.

Comparación IPR actual y el IPR con acciones Tomadas

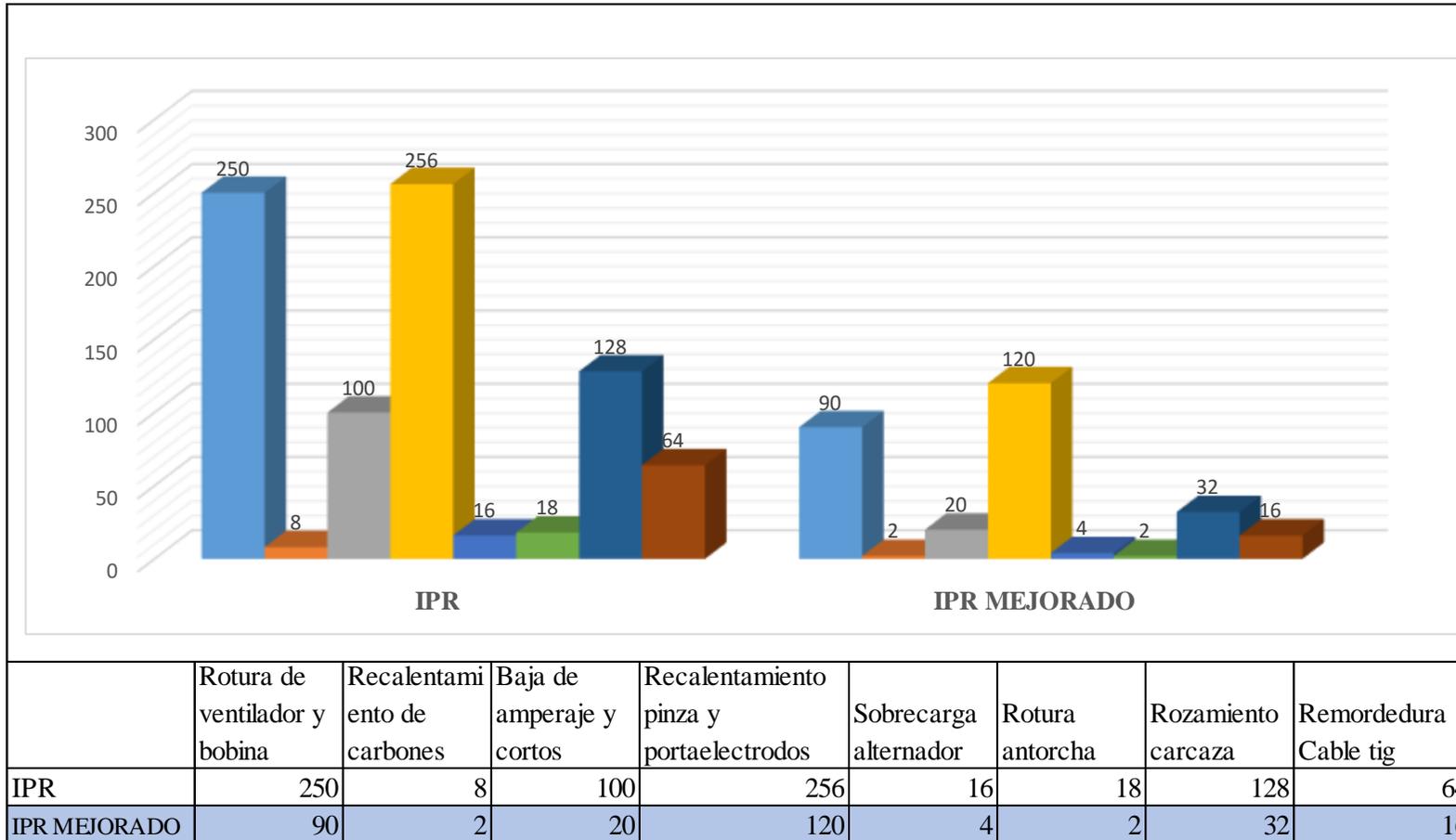


Figura 2. Comparación IPR actual y el IPR con acciones tomadas

Elaborado por: Luis Rocha

Efectividad Global de los equipos OEE.

Para el caso de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, dedicada al mantenimiento mecánico y fabricación de piezas metálicas, es necesario implementar esta herramienta debido a que en la hoja de control existen paros de las máquinas de soldar y se necesita conocer se valor porcentual referente a la disponibilidad.

Disponibilidad de tiempo en la empresa CMG

La empresa Construcciones metalmecánicas Gómez tiene una jornada de trabajo de 8 horas diarias, teniendo como horario de 08:00 de la mañana hasta las 17:00, con una hora de almuerzo para los operarios, en los seis meses hábiles de Enero a Junio del 2016, obtenido 130 días laborales, el tiempo disponible se obtiene en la ecuación 2 (Chiluisa, 2016).

Tiempo Disponible = días hábiles de horas diarias de trabajo **(Ecuación 2)**

Tiempo disponible = 130 x 8 horas

Tiempo disponible = 1040 horas

Cálculo de la disponibilidad se determina con la ecuación 3

$$D(t) = \frac{TMEF}{TMEF+TMPR} \times 100\% \quad \text{(Ecuación 3)}$$

Dónde: la ecuación es obtenida de: (Panencia, 2012)

TMEF: Tiempo Total disponible

TMPR: Tiempo medio para reparar durante el tiempo disponible de las máquinas

$$D(t) = \frac{1040 \text{ Horas}}{1040 \text{ Horas} + 146 \text{ Horas}} \times 100\%$$

$$D(t) = \frac{1040 \text{ Horas}}{1186 \text{ Horas}} \times 100\%$$

$$D(t) = 0,876 \times 100\%$$

$$D(t) = 87,689 \approx 88\%$$

En la Figura 3. se muestra la disponibilidad que tiene la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

Gráfico de disponibilidad de máquinas de soldar

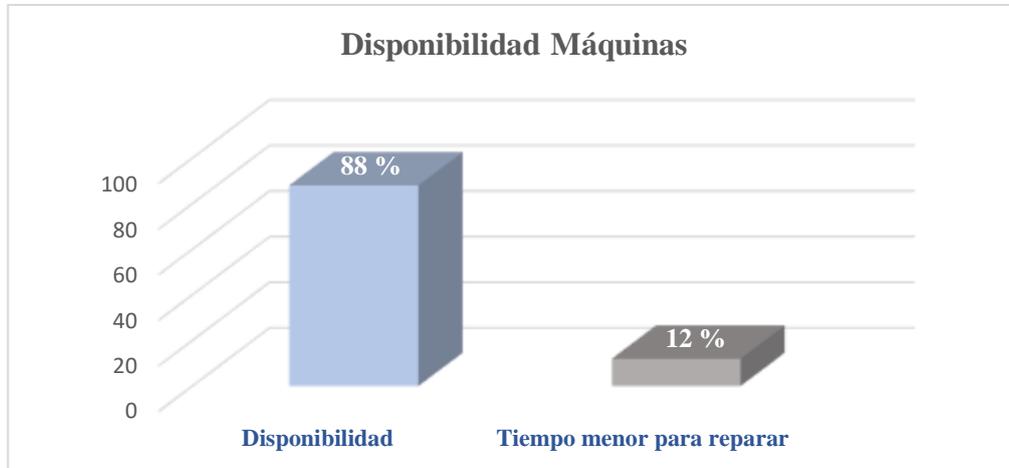


Figura 3. Disponibilidad de máquinas de soldar en el área de producción

Elaborado Por: Luis Rocha

Cálculo del OEE.

Para realizar el cálculo de la OEE se utiliza la ecuación 4 donde: se multiplica los factores de disponibilidad, rendimiento y calidad, que se obtiene mediante las ecuaciones 5, 7 respectivamente.

$$\text{OEE} = (\text{Disponibilidad}) \times (\text{Rendimiento}) \times (\text{Calidad}) \quad \text{(Ecuación 4)}$$

Disponibilidad: es la medida como el cociente entre el tiempo producto y el tiempo disponible para un periodo de producción determinado.

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación}}{\text{Tiempo disponible}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Rendimiento: el rendimiento es medido como el cociente entre la producción real y la capacidad productiva, para un periodo de producción determinado.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Tiempo de operación neta}}{\text{Tiempo Bruto de operación}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Calidad: es la medida como el cociente entre la producción buena y la producción real.

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación}}{\text{Tiempo de operación Neta}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

En la tabla N° 16. se encuentra la clasificación de la herramienta (OEE) donde establece los valores aceptables, mediante ella se establece el nivel de disponibilidad, en rendimiento y la calidad de las máquinas de soldar de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

Tabla 16. Clasificación OEE.

OEE	Calificativo	Consecuencias
> 65%	Inaceptable	Importantes pérdidas económicas. Baja Competitividad
≥ 65% < 75%	Regular	Pérdidas económicas. Aceptable solo se está en proceso de mejora
≥ 75% < 85%	Aceptable	Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
≥ 85% < 95%	Buena	Buena competitividad
≥ 95%	Excelente	Competitividad excelente

Fuente: (Panencia, 2012 pág. 130)

El tiempo teórico de producción es el producto de los 6 meses por los 30 días de cada uno de ellos.

Las paras planificadas se obtiene de la diferencia entre el tiempo teórico y el tiempo disponible, la cual se encuentra en el Anexo 1.

El tiempo disponible se obtiene de la diferencia entre el tiempo teórico de producción menos las paras planificadas.

Las pérdidas de disponibilidad se refieren a la suma de horas que la máquina se encuentra en falla en el período de los seis meses, datos obtenido del Anexo 1.

El tiempo bruto de operación se obtiene de la diferencia entre el tiempo disponible de producción menos las pérdidas por disponibilidad de las máquinas.

Las pérdidas de rendimiento se refieren al tiempo que las máquinas de soldar tienen micro paradas para la selección del material, cambio del palillo de electrodo.

El tiempo de operación neta se obtiene de la diferencia entre el tiempo bruto de operación menos las pérdidas por rendimiento de las máquinas.

Las pérdidas de calidad se refieren al número de veces que un trabajo sale defectuoso y necesita hacer un reproceso.

El tiempo válido se obtiene de la diferencia entre el tiempo de operación neta menos las pérdidas de calidad.

En la Tabla 17. muestra las pérdidas que obtienen las máquinas de soldar en cada proceso.

Tabla 17. Pérdidas de disponibilidad, rendimiento y calidad.

Pérdidas que sufren las máquinas de soldar			
Descripción	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
Lincoln RX 330	27,50 horas	169 horas	20 horas
Miller CT-280	23 horas	260 horas	18 horas
Infra	17,50 horas	188,50 horas	22 horas
Lincoln Sv -275	19,50 horas	286 horas	30 horas
Alimentador Miller	16 horas	234 horas	20 horas
Alimentador Lincoln	24,50 horas	156 horas	26 horas
Lincoln RX 450	18 horas	195 horas	16 horas

Elaborado por: Luis Rocha

La Tabla 18. muestra la codificación de las máquinas de soldar para facilitar el manejo de los cálculos efectuados en el texto.

Tabla 18. Codificación de máquinas de soldar

CÓDIGOS MÁQUINAS DE SOLDAR			
Descripción	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad
Lincoln RX 330	D sol RX 330	R sol RX 330	C sol RX 330
Miller CT-280	D sol CT 280	R sol CT 280	C sol CT 280
Infra	D sol Infra	R sol Infra	C sol Infra
Lincoln Sv -275	D sol Sv -275	R sol Sv -275	C sol Sv -275
Alimentador Miller	D sol Miller	R sol Miller	C sol Miller
Alimentador Lincoln	D sol Lincoln	R sol Lincoln	C sol Lincoln
Lincoln RX 450	D sol RX 450	R sol RX 450	C sol RX 450

Elaborado por: Luis Rocha

La Figura 4. muestra un ejemplo del cálculo de la disponibilidad, rendimiento calidad y el OEE por cada máquina de soldar de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

Máquina Soldadora Lincoln Electric RX 330

Tiempo Teórico de producción	
1170 horas	
Tiempo Disponible	
1040 horas	
Paradas Planificadas	
130 horas	
Tiempo Bruto de operación	Pérdidas de Disponibilidad
1012,50 horas	27,50 horas
Tiempo de operación neta	Pérdidas de rendimiento
843,50 horas	169 horas
Tiempo Válido	Pérdidas de calidad
823,50 horas	20 horas

Figura 4 Tiempo de distribución en planta Soldadora RX 330

Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ Sol RX330} = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación Soldadora RX 330}}{\text{Tiempo Disponible Soldadora RX 330}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

D Sol RX 330 = Disponibilidad de la soldadora RX330

$$D \text{ Sol RX330} = \frac{1012,50 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$D \text{ Sol RX330} = 97\%$$

$$R \text{ Sol RX 330} = \frac{\text{Tiempo de operación neta Soldadora RX 330}}{\text{Tiempo Bruto de operación Soldadora RX 330}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

R Sol RX 330 = Rendimiento de la soldadora RX330

$$R \text{ Sol RX 330} = \frac{843,50 \text{ horas}}{1012,50 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$R \text{ Sol RX 330} = 83\%$$

$$C \text{ Sol RX 330} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación Soldadora RX 330}}{\text{Tiempo de operación Neta Soldadora RX 330}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

C Sol RX 330 = Calidad de la soldadora RX330

$$C \text{ Sol RX 330} = \frac{823,50 \text{ horas}}{843,50 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$C \text{ Sol RX 330} = 98\%$$

$$\text{OEE Sol RX 330} = 0,97 \times 0,83 \times 0,98 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\text{OEE Sol RX 330} = 0,79 \times 100\%$$

Donde:

OEE Sol RX 330 = Efectividad Global de la soldadora RX 330

$$\text{OEE Sol RX 330} = 79\%$$

La Tabla 19. muestra los cálculos obtenidos, de disponibilidad, rendimiento, calidad y el OEE, de cada una de las máquinas en estudio representadas en porcentaje.

Tabla 19. Cálculos obtenidos de: disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE.

Cálculos de disponibilidad, rendimiento, calidad y OEE				
Descripción	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Lincoln RX 330	97%	83%	98%	79%
Miller CT-280	98%	74%	98%	71%
Infra	98%	82%	97%	78%
Lincoln Sv -275	98%	72%	96%	68%
Alimentador Miller	98%	77%	97%	73%
Alimentador Lincoln	98%	85%	97%	81%
Lincoln RX 450	98%	81%	98%	78%

Elaborado por: Luis Rocha

Una vez obtenido los resultados de los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas de soldar se procede a realizar en cálculo de los indicadores a nivel del proceso para ello se multiplica cada valor obtenido en los cálculos de los indicadores.

La tabla 20. muestra el OEE total de los cálculos de disponibilidad, rendimiento y calidad.

Tabla 20. OEE Total de las máquinas de soldar

OEE TOTAL				
Descripción	Disponibilidad	Rendimiento	Calidad	OEE
Lincoln RX 330	97%	83%	98%	79%
Miller CT-280	98%	74%	98%	71%
Infra	98%	82%	97%	78%
Lincoln Sv -275	98%	72%	96%	68%
Alimentador Miller	98%	77%	97%	73%
Alimentador Lincoln	98%	85%	97%	81%
Lincoln RX 450	98%	81%	98%	78%
OEE TOTAL	86%	21%	82%	14%

Elaborado por: Luis Rocha

La Tabla 21. muestra la disponibilidad, rendimiento y calidad mediante el OEE, de todas las máquinas de solar.

Tabla 21. Comparación de resultados

	OEE	OEE Referencia
Disponibilidad	86%	90%
Rendimiento	21%	95%
Calidad	82%	99%
OEE	14%	85%

Elaborado por: Luis Rocha

Fuente: (OEE, 2012)

En la Figura 5. se muestra las tendencias de la calidad, rendimiento y disponibilidad, de la eficiencia general de los equipos.

Eficiencia General de los Equipos

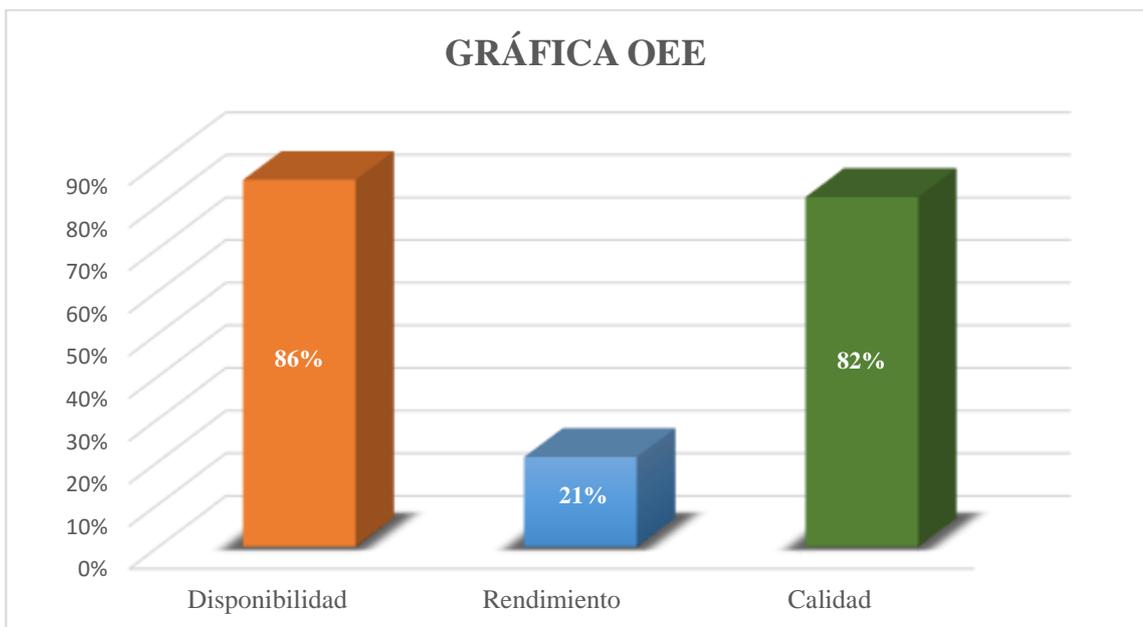


Figura 5. OEE Construcciones Metalmecánicas Gómez

Elaborado Por: Luis Rocha

Identificación de la falla más crítica en las máquinas de soldar

La Tabla 22. muestra la secuencia de fallos que posee el IPR, en orden descendente.

Tabla 22. Falla más crítica del proceso

Modo de falla	Tiempo perdido	Causa falla	IPR
Recalentamiento de pinza y porta electrodos	15,30 horas	Temperaturas altas	256
Rotura de ventilador y bobina	40 horas	Fallo ventilador	250
Rozamiento de carcaza	30,30 horas	Mal uso	128
Baja de amperaje y cortos	17 horas	Mala calibración	100
Remordadura cable tig	14 horas	Calibración	64
Rotura Antorcha	8 horas	Mal uso	18
Sobrecarga Alternador	15 horas	Energía	16
Recalentamiento de carbones	6 horas	Desgaste	8

Elaborado por: Luis Rocha

Para el presente estudio se considera la falla más crítica, aquella que posee el IPR en el rango de 100 a 256.

Por los que las fallas de mayor criticidad para la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez son:

- Recalentamiento de pinza porta electrodos
- Rotura de ventilador y bobina
- Rozamiento de carcaza
- Baja de amperaje y cortos

A continuación se realiza un resumen ejecutivo, que contiene los resultados del estudio, mediante el cuál se da a conocer al gerente de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, para que efectúen las correcciones necesarias para mejorar el desempeño de las máquinas.

INFORME EJECUTIVO

Sr. Ángel Gómez

GERENTE CMG

Presente:

El presente informe ejecutivo permite dar a conocer a su persona, que mediante el análisis con el método AMEF, realizada en las máquinas de soldar de la empresa, se obtuvieron los siguientes resultados, donde el IPR actual el punto más alto es el recalentamiento de pinza masa y porta electrodos con 256, mientras que aplicando el método del IPR mejorado baja el nivel a 120, además este método es de mucha importancia para el análisis e interpretación de los resultados obtenidos.

Mediante el uso de la herramienta OEE, efectividad General se identificó la disponibilidad con un 86%, rendimiento en un 21% y la calidad con un 86% lo cual está por debajo del estándar que es de 90% lo que indica que esta en un estado aceptable pero la Empresa tienen que mejorar.

Es por ello que se concluye que hace falta de mantenimiento ocasiona baja disponibilidad y es necesario implementar mantenimiento para las máquinas de soldar y es necesario realizar el estudio de una propuesta.

Atentamente:

Luis Rocha

Mediante la entrevista al gerente de la empresa y al jefe de producción, se realiza mediante documentos con preguntas estructuradas, la cuales dan a conocer la veracidad de los modos de falla que la empresa está atravesando en el presente estudio.

Entrevista

Para el análisis e interpretación de resultados se contó con la colaboración del Gerente General de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, juntamente con el jefe de producción el mismo que participo de manera activa en esta, para lo cual se aplica las siguientes interrogantes para el estudio del presente para la identificación de la disponibilidad de máquinas de soldar.

Entrevista 1:

Jefe de producción de Construcciones Metalmecánicas Gómez

Nombre: Sr. Marco Javier Vega Buitrón

- 1. ¿Considera que el mantenimiento preventivo aplicado en la empresa es el adecuado?**

No lo es, debido a que se ha tenido muchos retrasos y quejas de los clientes al momento de entregar los servicios de mantenimiento a los diferentes clientes.

- 2. ¿Cómo calificaría usted la disponibilidad de las máquinas de soldar en el proceso productivo de los servicios de la empresa?**

No es la adecuada, las máquinas con que cuenta la empresa son las suficientes pero están no son operativas todo el tiempo debido a que sufren paras inesperadas.

- 3. ¿Considera usted que en el área de mantenimiento cuenta con el personal adecuado?**

Hay muchos aspectos en mejorar, debido a que el personal no tiene todas las competencias para realizar tal actividad.

- 4. ¿Cuál cree usted que son las principales causas que afectan a la disponibilidad de las máquinas?**

La rotación de las máquinas, debido a que tienen que trasladarse de un lugar a otro en muchas ocasiones de provincia a provincia para satisfacer las necesidades de los clientes, esto ocasiona no llevar adecuadamente los mantenimientos a las mismas.

- 5. ¿Considera usted que el rendimiento de la máquina de soldar es el adecuado?**

No, las máquinas generalmente trabajan a un 30 % de su capacidad dada en el catálogo emitida por miller o lincoln.

- 6. ¿Considera usted que se debe planificar de mejor manera el mantenimiento preventivo en la empresa?**

Si, para evitar retrasos con los servicios y no tener quejas con los clientes.

- 7. ¿Considera que la falta de mantenimiento preventivo en las máquinas de soldar produce retrasos en la producción de la empresa?**

En el área de producción lo que más existe son los retrasos, por las máquinas que no están disponibles todo el tiempo debido a las fallas inesperadas que estas presentan.

- 8. ¿Considera que la restructuración del proceso de mantenimiento preventivo ayudará a incrementar la disponibilidad de las máquinas de soldar?**

Si, consideró que mejoraría la disponibilidad de las máquinas de soldar al llevar de mejor manera los registros y mantenimientos de está.

- 9. ¿Se cuenta con proveedores que den capacitación técnica para un buen uso de las máquinas de soldar?**

Sí, pero no es lo suficientemente clara para aprender el proceso de mantenimiento preventivo a las máquinas de soldar.

Entrevista 2:

Gerente General de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez

Sr. Ángel Elías Gómez Coro

- 1. ¿Considera que el mantenimiento preventivo aplicado en la empresa es el adecuado?**

La empresa actualmente está enfocada en la entrega de los servicios a tiempo, pero el descuido en la parte del mantenimiento preventivo a las máquinas de soldar, ha generado paros lo cual es pérdida de tiempo con los clientes.

- 2. ¿Cómo calificaría usted la disponibilidad de las máquinas de soldar en el proceso productivo?**

Las máquinas de soldar son la principal fuente para un mantenimiento eficiente dentro de la industria cementera, y muchas veces he encontrado con equipos dañados, sin saber el motivo, entonces se tiene una deficiente disponibilidad de máquinas a la hora de enfrentar los proyectos de mantenimiento en las plantas.

3. ¿Considera usted que en el área de mantenimiento cuenta con el personal adecuado?

Existe en la empresa personal poco capacitado en mantenimiento preventivo.

4. ¿Cuál cree usted que son las principales causas que afectan a la Disponibilidad de las máquinas de soldar?

Las causas principales son las horas de trabajo que presentan los equipos, en las diferentes plantas a las que se presta servicios, así mismo el mal manejo de los operarios.

5. ¿Considera usted que el rendimiento de la máquina de soldar es el adecuado?

No, es el adecuado, puesto que a mitad de los procesos de soldadura tienen averías.

6. ¿Considera usted que se debe planificar de mejor manera el mantenimiento preventivo de las máquinas de soldar de la empresa?

Es necesario planificar el mantenimiento de una manera acorde a las necesidades de la empresa, no solo en máquinas de soldar sino en todos los equipos que se utiliza para los proyectos en la industria de metalmecánica, ya que eso ayudaría a que se tena retrasos en la entrega de los servicios y de los montajes industriales.

7. ¿Considera que la falta de mantenimiento preventivo en las máquinas de soldar produce retrasos en la producción de la empresa?

Sí, porque en cualquier momento una máquina de soldar puede detener la producción y generar retrasos.

8. ¿Considera que la restructuración del proceso de mantenimiento preventivo ayudara a incrementar la disponibilidad de las máquinas de soldar?

Si la empresa genera menos tiempo en mantenimiento correctivo si se enfoca el trabajo aún mantenimiento preventivo.

9. ¿Se cuenta con proveedores que den capacitación técnica para un buen uso de las máquinas de soldar?

Existen los proveedores, la empresa no dispone el tiempo para poder capacitar a los operarios.

Análisis de la entrevista sobre el mantenimiento preventivo de las máquinas de soldar

Cotejando la respuesta del jefe de producción Marco Vega y del Gerente General Sr. Ángel Gómez, se pudo evidenciar que existe una baja disponibilidad de las máquinas de soldar lo que genera retrasos en los productos y servicios, con lo que ratifica los datos obtenidos con las herramientas AMEF Y OEE.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de resultado obtenido mediante la herramienta AMEF.

Mediante esta herramienta se puede observar que el Análisis de Modo y Efecto de Fallas, para las máquinas de soldar, no es excesivamente alto, pero de acuerdo a la filosofía de la empresa en contar con un mejoramiento continuo se aplicó las acciones recomendadas para atacar a cada uno de los modos de fallo y se logró disminuir significativamente el Índice de Prioridad de Riesgos, esto se puede observar en la Figura 2. que establece una comparativa entre el IPR actual y el IPR aplicado las acciones recomendadas.

Interpretación

Con los datos obtenidos se constató que la mayor para se produjo en los meses de enero y abril, debido que en estos meses la empresa tuvo mayos cantidad de trabajo.

Análisis del resultado del cálculo de la disponibilidad.

En la Figura 3. se observa que la disponibilidad de la maquinaria en el área de producción es del 88% en los 6 meses en estudio lo que permite determinar que el porcentaje de disponibilidad con el que trabaja la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez es aceptable, si la empresa decide realizar un incremento en la disponibilidad de la maquinaria debe optar por estrategias de mejoramiento que le ayuden a alcanzar un porcentaje mayor y lograr así la excelencia.

Interpretación

Con los datos obtenidos se constató que existe disponibilidad aceptable en las máquinas, pero es necesario trabajar en el tiempo a reparar y así incrementar la disponibilidad en las máquinas de soldar.

Resultado alcanzado mediante la herramienta OEE

La herramienta OEE, brindo resultados de disponibilidad, rendimiento y calidad de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, obteniendo una disponibilidad del 86%, rendimiento del 21%, y la calidad del 82%, así también un OEE del 14%.

Interpretación

Al efectuar la comparación de estos resultados con criterio de la norma internacional los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad de Construcciones Metalmecánicas Gómez se encuentra en un nivel inaceptable.

Contraste con otras investigaciones

En la investigación realizada por (Villa, 2014), con las que se compara este trabajo investigativo **“Diseño en implementación de un manual de operación y mantenimiento para los talleres de soldadura, Cedicom, Fundición y Máquinas herramientas de la facultad de Mecánica”**.

En esta investigación realizada por (Villa, 2014), se compara criterios donde las tareas de mantenimiento se han establecido de acuerdo al tipo de máquina de soldar, seleccionando la que mejor se adapte a las necesidades y requerimientos asegurando el entorno de trabajo y extendiendo la vida útil de los mismos, lo mismo que se obtuvo en base a las encuestas con los colaboradores de la empresa y mediante la entrevista.

Así también se encuentra los registros de averías y demás documentos para la gestión adecuada del mantenimiento favorecen al control y mejora del plan de mantenimiento aplicado en el taller, en estos se han establecido ciertos campos que facilitan la observación y análisis para la mejora de los proceso de mantenimiento.

En el trabajo de titulación realizada por María Baño, que lleva como título: **“Elaboración de manual para mantenimiento para el laboratorio de soldadura de la EPN”**.

Al analizar el proyecto se encuentran con similitudes puesto que por medio del mantenimiento preventivo planificado se puede conservar de mejor manera los equipos y los cuales estarán disponibles a la hora de realizar las actividades, por tal motivo Construcciones Metalmecánicas Gómez, adopta esta medida para mejorar la disponibilidad de máquinas de soldar mediante el método AMEF.

Resultado de la entrevista:

Se realizó para levantar un registro de las fallas más frecuentes que la empresa tiene, tratando los resultados obtenidos los siguientes indicadores reactivos en base a las preguntas establecidas.

Dada la entrevista al Gerente y al Jefe de producción de Construcciones Metalmecánicas Gómez”, donde afirman que no existe un correcto mantenimiento preventivo debido a los frecuentes paros de las máquinas de soldar, y esto ocasiona retrasos con los clientes al momento de entregar los servicios.

Además califican que la disponibilidad de las máquinas de soldar no es el adecuado puesto que sufren paros en los momentos menos esperados lo que genera retrasos.

También manifiestan que hay muchos aspectos que mejorar en el sentido que no todo el personal tiene las competencias para realizar las actividades de mantenimiento preventivo y es necesario una capacitación.

Indican que las principales causas que afectan a la disponibilidad de las máquinas de soldar es el traslado de un lugar lo que no permite que se tenga un mantenimiento a tiempo.

Las personas entrevistadas comentan que es muy frecuente la baja disponibilidad de las máquinas de soldar, y eso que según el manual del fabricante las máquinas trabajan a un 30% de la capacidad, puesto que el resto del tiempo está las máquinas de soldar detenidas.

Por ello consideran que los paros imprevistos de las máquinas ocasionan pérdidas para la empresa, lo que se requiere un plan de mantenimiento preventivo de la mano de una capacitación técnica, sobre el uso y una retroalimentación constante para evitar que surjan nuevos problemas.

Verificación de la Hipótesis

En la presente investigación para la verificación de la hipótesis se realizara un T – STUDENT utilizando los datos de la Figura 2. comparativa entre el IPR actual y el IPR mejorado aplicando las acciones recomendadas.

Hipótesis Nula (H₀)

El proceso de mantenimiento preventivo no incide en la disponibilidad de máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, ubicada en el sector de Tababela.

$$h_0 = h_1$$

Hipótesis Alterna (H1)

El proceso de mantenimiento preventivo incide en la disponibilidad de máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, ubicada en el sector de Tababela.

$$h_0 \neq h_1$$

Muestra de T Studet para datos relacionados (modelos diferentes)

Tabla 23. IPR calculado

Nº	IPR actual	IPR mejorado	d	$(d - \bar{d})^2$
1	250	90	160	6847,66
2	8	2	6	5076,56
3	100	20	80	7,56
4	256	120	136	3451,56
5	16	4	12	4257,56
6	18	2	16	3751,56
7	128	32	96	351,75
8	64	16	112	1207,56
			$\sum d = 618$	$\sum (d - \bar{d})^2 = 24951,77$

Elaborado por: Luis Rocha

Modelo Matemático

T calculado = valor estadístico

$$t = \frac{\bar{d}}{\frac{\sigma d}{\sqrt{n}}}$$

$$t = \frac{77,25}{\frac{59,70}{\sqrt{8}}}$$

$$t = \frac{77,25}{\frac{59,70}{2,8}}$$

$$t = \frac{77,25}{21,32}$$

$$t = 3,62$$

Media aritmética

$$\bar{d} = \frac{\sum d}{n}$$

$$\bar{d} = \frac{618}{8} = 77,25$$

La desviación estándar

$$\vartheta d = \sqrt{\frac{\sum (d - \bar{d})^2}{n - 1}}$$

$$\vartheta d = \sqrt{\frac{24951,77}{7}}$$

$$\vartheta d = \sqrt{3564,53}$$

$$\vartheta d = 59,70$$

T Teórico = 2,3646 (obtenido tabla t student Anexo 3)

Nivel de significancia = 0,05 / 2colas = 0,025

Para un valor de menor a 0,025 se rechaza la hipótesis nula.

Grados de libertad = n-1

$$Gl = 8-1 = 7$$

Tabla 24. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	105	35,75
Varianza	10137,1429	1997,07143
Observaciones	8	8
Coefficiente de correlación de Pearson	0,96603361	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	7	
Estadístico t	3,6290116	
P(T<=t) una cola	0,00621825	
Valor crítico de t (una cola)	1,89457861	
P(T<=t) dos colas	0,0124365	
Valor crítico de t (dos colas)	2,36462425	

Elaborado por: **Luis Rocha**

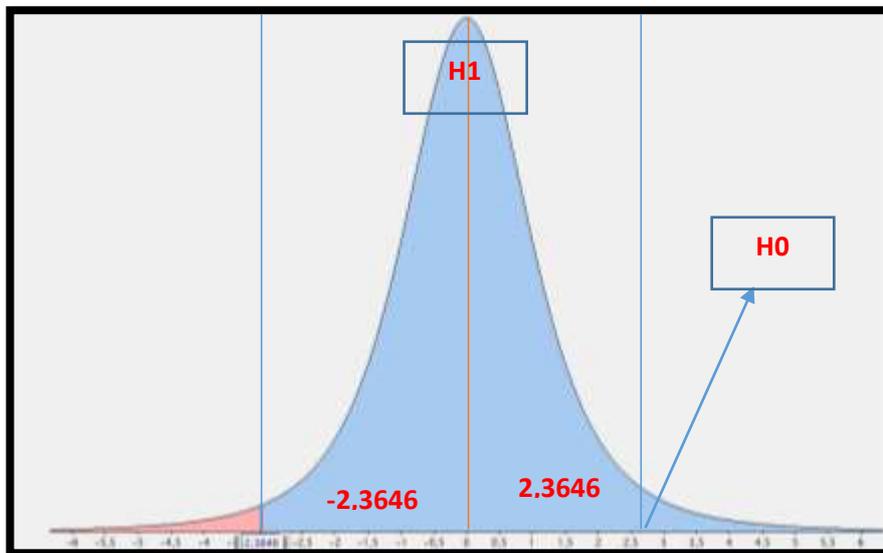


Figura 6. Tabla del T-STUDENT

Elaborado Por: Luis Rocha

Conclusión:

El valor estadístico t calculado 3,6290 superó al valor de 0,025 de confianza con 7 grados de libertad 2,3646 se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula por ello el proceso de mantenimiento preventivo permitirá incrementar la disponibilidad de las máquinas de soldar de la Empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Por medio del estudio del proceso de mantenimiento preventivo donde se utilizó el método AMEF, se logró conocer los fallos más frecuentes de las máquinas de soldar y se encontró con una baja disponibilidad de las mismas, motivo por el cual se obtiene un IPR alto, es por ello que se aplica el IPR con acciones recomendadas el cuál reduce los índices de prioridad de riesgo, en todo los fallos frecuentes.
- Con el uso de la herramienta OEE, permitió conocer la disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas de soldar en la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, la disponibilidad se encuentra en un nivel de 86% sobre el estándar que es el 90% según la eficiencia general de los equipos, lo que indica que esta en un estado aceptable pero que se tiene que mejorar.
- Para la identificación del punto crítico en el presente de las máquinas de soldar, se identificó mediante las variables del IPR, gravedad, ocurrencia y detección, la cual se considera la falla más crítica es el recalentamiento de pinzas porta electrodos y aquella que presente un índice de prioridad de riesgo en un rango de 100 a 256.

Recomendaciones

- Se recomienda utilizar el método AMEF, para identificar las fallas más frecuentes de cada una de las máquinas de soldar de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, para atacar a los fallos con mayor índice de riesgo para mejorar la disponibilidad de las máquinas de soldar para así satisfacer las necesidades de los clientes.
- Se recomienda utilizar la herramienta OEE, para mejorar la disponibilidad, rendimiento y calidad de las máquinas de soldar.
- Se recomienda implementar un plan de mantenimiento preventivo a las máquinas de soldar de la empresa Construcciones Metalmecánicas Gómez, para disminuir los fallos de los equipos y mejorar la disponibilidad de los mismos.

Bibliografía

Baño, Maria. 2014. Elaboracion de un Manual de mantenimiento para Laboratorio de Soldadura - Tesis - Tecnólogo Industrial. Quito : s.n., 2014.

Chiluisa, Marco. 2016. "Estudio del proceso del mantenimiento preventivo para incrementar la disponibilidad de la maquinaria de la empresa creaciones Blanco y Negro ubicada en la ciudad de Ambato". Ambato : Universidad Tecnológica Indoamerica, 2016.

Cooprogreso. 2015. Creciendo, Construyendo y progresando. Somos Socios. 1, 2015, Vol. 1, 2.

Galo, Naranjo. 2012. Metodología de la investigación. 2012.

Garcia, Oliverio. 2012. Gestion Moderna del Mantenimiento Industrial. Bogota . Colombia : Ediciones de la U, 2012. 978-958-762-051-1.

Gonzales, Amanda. 2011. Los estudios de encuesta. www.uam.es. [En línea] Octubre de 2011. [Citado el: 23 de 07 de 2016.] https://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/jmurillo/InvestigacionEE/Presentaciones/Encuesta_doc.pdf.

González, Francisco Javier. 2011. Teoria y Practica del mantenimiento industrial avanzado. España : Fundacion Confemetal, 2011. 13:978-84-92735-85-3.

Jose Manuel, Domenech. 2013. Analisis de modos y efectos de falla. www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE. [En línea] 2013. <http://www.jomaneliga.es/PDF/Administrativo/Calidad/AMFE.pdf>.

Maza, Geovanny. 2014. Estudio de la gestion de Mantenimiento y su incidencia en la disponibilidad del sistema de bombeo. Machala : UTI, 2014.

Mendez, Angel. 2015. DSPASE ESPOCH . bitstream . [En línea] 2015. [Citado el: 03 de 07 de 2016.] <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4208/1/25T00260.pdf>.

OEE. 2012. Eficiencia General de los equipos. wikipedia.org. [En línea] 2012. https://es.wikipedia.org/wiki/Eficiencia_general_de_los_equipos.

Panencia, Oliverio Garcia. 2012. Gestion Moderna del Mantenimiento Industrial. BogotAa : Ediciones de la u , 2012. 978-958-762-051-1.

Panencia, Oliverio Garcia. 2012. Gestion Moderna del Mantenimiento Industrial (Principios Fundamentales). Bogota : Ediciones de la u, 2012. 978-958-762-051-1.

Plan del buen vivir. 2013-2017. Plan del desarrollo. Quito - Ecuador : Semplades, 2013-2017. 978-9942-07-448-5.

Villa, Angel. 2014. Diseño e implementacion de un manual de operacion y mantenimiento para los talleres de soldadura - Tesis- Egresado . Riobamba : s.n., 2014.

ANEXOS

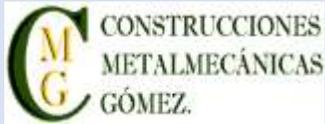
Anexo 1. Hoja de control paros máquinas de soldar enero-junio 2016

Tabla 25. Hoja de control Paros de maquinaria (Enero 2016)

		REGISTRO DE PAROS MÁQUINAS DE SOLDAR CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ “CMG”					CODIGO: 001	
REGISTRO DE PAROS DE LOS EQUIPOS								
Área de Mantenimiento Responsable: Andrés Loor								
ENERO 2016								
Fecha	Área	Máquina Soldadora	Motivo de paro	Hora de parada	Hora de entrega	Tiempo total de paro	Revisado por	
04-01-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Rotura de ventilador	10:00	17:00	7:00 Horas	Inabras	
06-01-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Recalentamiento de Carbones	11:00	12:00	1:00 Hora	Inabras	
11-01-2016	Producción	Miller CT 280	Baja de Amperaje	15:00	17:00	2:00 Horas	Inabras	
12-01-2016	Producción	Miller CT 280	Recalentamiento de pinza maza	15:00	16:00	1:00 Hora	Eléctrico	
18-01-2016	Producción	Lincoln RX 450	Sobrecarga Alternador	12:00	17:00	5:00 Horas	Inabras	
18-01-2016	Producción	Infra	Recalentamiento de pinza porta electrodos	12:00	13:00	1:00 Hora	Eléctrico	
20-01-2016	Producción	Lincoln SV 275	Rozamiento de carcaza con bobina	08:00	10:00	2:00 Horas	Inabras	
22-01-2016	Producción	Lincoln SV 275	Rotura de Ventilador	11:00	15:00	4:00 Horas	Inabras	
25-01-2016	Producción	Alimentador Mll	Remordedora de cable tig	13:00	13:30	0:30 Hora	Inabras	
27-01-2016	Producción	Alimentador Lc	Traba de poleas de alimentación	11:00	14:30	3:30 Horas	Inabras	
Número de horas en el mes de máquinas de soldar en proceso no productivo				TOTAL		27 HORAS		
Técnico de mantenimiento				Jefe de producción				

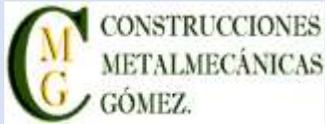
Elaborado por: Luis Rocha

Tabla 26. Hoja de control Paros de maquinaria (Febrero 2016)

		REGISTRO DE PAROS MÁQUINAS DE SOLDAR CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ “CMG”					CODIGO: 001	
REGISTRO DE PAROS DE LOS EQUIPOS								
Área de Mantenimiento Responsable: Andrés Loor								
FEBRERO 2016								
Fecha	Área	Máquina Soldadora	Motivo de paro	Hora de parada	Hora de entrega	Tiempo total de paro	Revisado por	
02-02-2016	Producción	Infra	Recalentamiento de Pinza maza	10:00	16:00	1:00 Hora	Eléctrico	
03-02-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Recalentamiento de pinza porta electrodos	13:00	14:00	1:00 Hora	Eléctrico	
10-02-2016	Producción	Alimentador Lc	Rotura de Tobera de alimentación	09:00	15:00	6:00 Horas	Inabras	
12-02-2016	Producción	Miller CT 280	Rotura de ventilador	15:00	17:00	2:00 Horas	Inabras	
15-02-2016	Producción	Lincoln RX 450	Sobrecarga Alternador	08:00	11:00	3:00 Horas	Inabras	
19-02-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Baja de voltaje	08:00	09:00	1:00 Hora	Eléctrico	
22-02-2016	Producción	Lincoln SV 275	Rozamiento del ventilador	16:00	17:00	1:00 Hora	Inabras	
22-02-2016	Producción	Miller CT 280	Rotura de Ventilador	09:00	14:00	5:00 Horas	Inabras	
23-02-2016	Producción	Alimentador Mll	Remordedora de cable tig	10:00	11:30	1:30 Hora	Inabras	
26-02-2016	Producción	Infra	Traba de poleas de alimentación	08:00	9:30	1:30 Hora	Inabras	
Número de horas en el mes de máquinas de soldar en proceso no productivo				TOTAL		23 HORAS		
Técnico de mantenimiento				Jefe de producción				

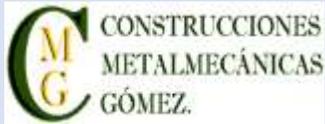
Elaborado por: Luis Rocha

Tabla 27. Hoja de control Paros de maquinaria (Marzo 2016)

		REGISTRO DE PAROS MÁQUINAS DE SOLDAR CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ “CMG”					CODIGO: 001	
REGISTRO DE PAROS DE LOS EQUIPOS								
Área de Mantenimiento Responsable: Andrés Loor								
MARZO 2016								
Fecha	Área	Máquina Soldadora	Motivo de paro	Hora de parada	Hora de entrega	Tiempo total de paro	Revisado por	
07-03-2016	Producción	Alimentador Lc	Traba de poleas de alimentación	10:00	13:30	3:30 Horas	Inabras	
07-03-2016	Producción	Alimentador Mill	Rotura de Tobera de alimentación	11:00	17:00	5:00 Hora	Inabras	
08-03-2016	Producción	Lincoln SV 275	Baja de Amperaje	16:00	18:00	1:00 Hora	Inabras	
10-03-2016	Producción	Miller CT 280	Recalentamiento de pinza maza	08:00	09:00	1:00 Hora	Eléctrico	
14-03-2016	Producción	Lincoln RX 330	Recalentamiento de pinza porta electrodos	13:00	14:00	1:00 Hora	Eléctrico	
16-03-2016	Producción	Lincoln RX 450	Recalentamiento de pinza porta electrodos	12:00	13:00	1:00 Hora	Eléctrico	
21-03-2016	Producción	Infra	Rozamiento de carcasa con bobina	12:00	14:00	2:00 Horas	Inabras	
22-03-2016	Producción	Infra	Rotura de Ventilador	11:00	15:00	4:00 Horas	Inabras	
24-03-2016	Producción	Lincoln RX 330	Recalentamiento Pinza masa	13:00	13:30	0:30 Hora	Eléctrico	
29-03-2016	Producción	Miller CT 280	Baja de Amperaje	11:00	13:00	2:00 Horas	Inabras	
Número de horas en el mes de máquinas de soldar en proceso no productivo				TOTAL		21 HORAS		
Técnico de mantenimiento				Jefe de producción				

Elaborado por: Luis Rocha

Tabla 28. Hoja de control Paros de maquinaria (Abril 2016)

		REGISTRO DE PAROS MÁQUINAS DE SOLDAR CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ “CMG”					CODIGO: 001	
REGISTRO DE PAROS DE LOS EQUIPOS								
Área de Mantenimiento Responsable: Andrés Loor								
ABRIL 2016								
Fecha	Área	Máquina Soldadora	Motivo de paro	Hora de parada	Hora de entrega	Tiempo total de paro	Revisado por	
01-04-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Recalentamiento de Carbones	15:00	17:00	2:00 Horas	Inabras	
04-04-2016	Producción	Infra	Sobrecarga Alternador	11:00	16:00	5:00 Horas	Inabras	
05-04-2016	Producción	Alimentador Lc	Traba de poleas de alimentación	14:00	17:00	3:00 Horas	Inabras	
06-04-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Recalentamiento de pinza maza	15:00	16:00	1:00 Hora	Eléctrico	
11-04-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Recalentamiento de pinza porta electrodos	13:00	14:00	1:00 Horas	Eléctrico	
14-04-2016	Producción	Lincoln Rx 450	Rotura de ventilador	12:00	16:00	4:00 Horas	Inabras	
15-04-2016	Producción	Lincoln SV 275	Rotura de ventilador	08:00	12:00	4:00 Horas	Inabras	
18-04-2016	Producción	Miller CT 280	Rotura de Bobina	11:00	17:00	6:00 Horas	Inabras	
20-04-2016	Producción	Alimentador Mll	Remordedora de cable tig	13:00	14:00	1:00 Hora	Inabras	
22-04-2016	Producción	Alimentador Lc	Traba de poleas de alimentación	08:00	09:00	1:00 Horas	Inabras	
Número de horas en el mes de máquinas de soldar en proceso no productivo				TOTAL		28 HORAS		
Técnico de mantenimiento				Jefe de producción				

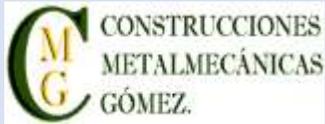
Elaborado por: Luis Rocha

Tabla 29. Hoja de control Paros de maquinaria (Mayo 2016)

		REGISTRO DE PAROS MÁQUINAS DE SOLDAR CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ “CMG”					CODIGO: 001	
REGISTRO DE PAROS DE LOS EQUIPOS								
Área de Mantenimiento Responsable: Andrés Loor								
MAYO 2016								
Fecha	Área	Máquina Soldadora	Motivo de paro	Hora de parada	Hora de entrega	Tiempo total de paro	Revisado por	
06-05-2016	Producción	Infra	Recalentamiento de Carbones	10:00	12:00	2:00 Horas	Inabras	
10-05-2016	Producción	Miller CT 280	Recalentamiento de pinza masa	11:00	12:00	1:00 Hora	Inabras	
10-05-2016	Producción	Lincoln RX 330	Cortocircuito de cables	12:00	17:00	5:00 Horas	Inabras	
12-05-2016	Producción	Miller CT 280	Recalentamiento de pinza maza	16:00	17:00	1:00 Hora	Eléctrico	
13-05-2016	Producción	Lincoln RX 330	Baja de amperaje	13:00	15:00	2:00 Horas	Inabras	
16-05-2016	Producción	Alimentador Lc	Traba de poleas de alimentación	12:00	14:00	2:00 Hora	Eléctrico	
17-05-2016	Producción	Lincoln SV 275	Rozamiento de carcaza con bobina	09:00	11:00	2:00 Horas	Inabras	
18-05-2016	Producción	Alimentador Mll	Rotura de antorcha	09:00	17:00	7:00 Horas	Inabras	
20-05-2016	Producción	Alimentador Mll	Calibración de antorcha	13:00	14:00	1:00 Hora	Inabras	
27-05-2016	Producción	Lincoln RX 450	Recalentamiento de pinza porta electrodos	11:00	12:00	1:00 Horas	Inabras	
Número de horas en el mes de máquinas de soldar en proceso no productivo				TOTAL		24 HORAS		
Técnico de mantenimiento				Jefe de producción				

Elaborado por: Luis Rocha

Tabla 30. Hoja de control Paros de maquinaria (Junio 2016)

		REGISTRO DE PAROS MÁQUINAS DE SOLDAR CONSTRUCCIONES METALMECÁNICAS GÓMEZ “CMG”					CODIGO: 001	
REGISTRO DE PAROS DE LOS EQUIPOS								
Área de Mantenimiento Responsable: Andrés Loor								
JUNIO 2016								
Fecha	Área	Máquina Soldadora	Motivo de paro	Hora de parada	Hora de entrega	Tiempo total de paro	Revisado por	
02-06-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Recalentamiento de Carbones	16:00	17:00	1:00 Hora	Inabras	
06-06-2016	Producción	Lincoln SV 275	Rozamiento de carcasa con bobina	08:00	10:00	2:00 Horas	Inabras	
10-06-2016	Producción	Alimentador Lc	Traba de poleas de alimentación	11:00	14:30	03:30 Horas	Inabras	
13-06-2016	Producción	Miller CT 280	Recalentamiento de pinza maza	15:00	16:00	1:00 Hora	Eléctrico	
16-06-2016	Producción	Lincoln RX 450	Rotura de ventilador	13:00	17:00	4:00 Horas	Inabras	
17-06-2016	Producción	Infra	Recalentamiento de pinza porta electrodos	12:00	13:00	1:00 Hora	Eléctrico	
21-06-2016	Producción	Miller CT 280	Recalentamiento de pinza maza	08:00	09:00	1:00 Hora	Eléctrico	
22-06-2016	Producción	Lincoln SV 275	Traba de poleas de alimentación	13:00	16:30	3:30 Horas	Inabras	
24-06-2016	Producción	Lincoln Rx 330	Corto parte interna	13:00	17:00	4:00 Horas	Inabras	
27-01-2016	Producción	Alimentador Lc	Rotura de alternador	08:00	10:00	2:00 Horas	Inabras	
Número de horas en el mes de máquinas de soldar en proceso no productivo				TOTAL		23 HORAS		
Técnico de mantenimiento				Jefe de producción				

Elaborado por: Luis Rocha

Anexo 2. Cálculos mediante herramienta OEE

Máquina de soldar Miller CT-280

Tiempo Teórico de producción	
1170 horas	
Tiempo Disponible	Paradas Planificadas
1040 horas	130 horas
Tiempo Bruto de operación	Pérdidas de Disponibilidad
1017 horas	23 horas
Tiempo de operación neta	Pérdidas de rendimiento
757 horas	260 horas
Tiempo Válido	Pérdidas de calidad
739 horas	18 horas

Figura 7. Tiempo de distribución en planta Soldadora Miller CT-280

Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ Sol CT } 280 = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación CT-280}}{\text{Tiempo Disponible CT-280}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

D Sol CT 280 = Disponibilidad de la soldadora CT 280

$$D \text{ Sol CT } 280 = \frac{1017 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$D \text{ Sol CT } 280 = 98\%$$

$$R \text{ Sol CT } 280 = \frac{\text{Tiempo de operación neta CT-280}}{\text{Tiempo Bruto de operación CT-280}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

R Sol CT 280 = Rendimiento de la soldadora CT 280

$$R \text{ Sol CT } 280 = \frac{757 \text{ horas}}{1017 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$R \text{ Sol CT } 280 = 74\%$$

$$C \text{ Sol CT 280} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación CT-280}}{\text{Tiempo de operación Neta CT-280}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

C Sol CT 280 = Calidad de la soldadora CT 280

$$C \text{ Sol CT 280} = \frac{739 \text{ horas}}{757 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$C \text{ Sol CT 280} = 98\%$$

$$\text{OEE Sol CT 280} = 0,98 \times 0,74 \times 0,98 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\text{OEE Sol CT 280} = 0,71 \times 100$$

Donde:

OEE Sol CT 280 = Efectividad Global de la soldadora CT 280

$$\text{OEE Sol CT 280} = 71\%$$

Máquina de soldar Infra

Tiempo Teórico de producción		
1170 horas		
Tiempo Disponible		Paradas Planificadas
1040 horas		130 horas
Tiempo Bruto de operación		Pérdidas de Disponibilidad
1022,50 horas		17,50 horas
Tiempo de operación neta	Pérdidas de rendimiento	
834 horas	188,50 horas	
Tiempo Válido	Pérdidas de calidad	
812 horas	22 horas	

Figura 8. Tiempo de distribución en planta Soldadora Infra
Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ Sol Infra} = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación Infra}}{\text{Tiempo Disponible Infra}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

D Sol Infra = Disponibilidad de la soldadora Infra

$$D \text{ Sol Infra} = \frac{1022,50 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$D \text{ Sol Infra} = 98\%$$

$$R \text{ Sol Infra} = \frac{\text{Tiempo de operación neta Infra}}{\text{Tiempo Bruto de operación Infra}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

R Sol Infra = Rendimiento de la soldadora Infra

$$R \text{ Sol Infra} = \frac{834 \text{ horas}}{1022,50 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$R \text{ Sol Infra} = 82\%$$

$$C \text{ Sol Infra} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación Infra}}{\text{Tiempo de operación Neta Infra}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

C Sol Infra = Calidad de la soldadora Infra

$$C \text{ Sol Infra} = \frac{812 \text{ horas}}{834 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$C \text{ Sol Infra} = 97\%$$

$$\text{OEE Sol infra} = 0,98 \times 0,82 \times 97 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\text{OEE Sol infra} = 0,78 \times 100\%$$

Donde:

OEE Sol infra = Efectividad Global de la soldadora infra

$$\text{OEE Sol infra} = 78\%$$

Máquina de soldar Lincoln Electric SV-275

Tiempo Teórico de producción		
1170 horas		
Tiempo Disponible		Paradas Planificadas
1040 horas		130 horas
Tiempo Bruto de operación		Pérdidas de Disponibilidad
1020,50 horas		19,50 horas
Tiempo de operación neta	Pérdidas de rendimiento	
734,50 horas	286 horas	
Tiempo Válido	Pérdidas de calidad	
704,50 horas	30 horas	

Figura 9. Tiempo de distribución en planta Soldadora SV-275

Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ Sol SV } 275 = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación SV-275}}{\text{Tiempo Disponible SV-275}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

$D \text{ Sol SV } 275$ = Disponibilidad de la soldadora SV 275

$$D \text{ Sol SV } 275 = \frac{1020,50 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$D \text{ Sol SV } 275 = 98\%$$

$$R \text{ Sol SV } 275 = \frac{\text{Tiempo de operación neta SV-275}}{\text{Tiempo Bruto de operación SV-275}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$R \text{ Sol SV } 275$ = Rendimiento de la soldadora SV 275

$$R \text{ Sol SV } 275 = \frac{734,50 \text{ horas}}{1020,50 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$R \text{ Sol SV } 275 = 72\%$$

$$C \text{ Sol SV } 275 = \frac{\text{Tiempo Valido de operación SV-275}}{\text{Tiempo de operación Neta SV-275}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

$C \text{ Sol SV } 275$ = Calidad de la soldadora SV 275

$$C \text{ Sol SV } 275 = \frac{704,50 \text{ horas}}{734,50 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$C \text{ Sol SV } 275 = 96\%$$

$$OEE \text{ sol SV } 275 = 0,98 \times 0,72 \times 0,96 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$OEE \text{ sol SV } 275 = 0,68 \times 100\%$$

Donde:

$OEE \text{ Sol SV } 275$ = Efectividad Global de la soldadora SV 275

$$OEE \text{ sol SV } 275 = 68\%$$

Máquina de soldar Alimentador Miller

Tiempo Teórico de producción		1170 horas	
Tiempo Disponible		Paradas Planificadas	
1040 horas		130 horas	
Tiempo Bruto de operación		Pérdidas de Disponibilidad	
1024 horas		16 horas	
Tiempo de operación neta		Pérdidas de rendimiento	
790 horas		234 horas	
Tiempo Válido	Pérdidas de calidad		
770horas	20 horas		

Figura 10. Tiempo de distribución en planta Alimentador Miller

Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ Sol Miller} = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación miller}}{\text{Tiempo Disponible miller}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

$D \text{ Sol Miller}$ = Disponibilidad de la soldadora Miller

$$D \text{ Sol Miller} = \frac{1024 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$D \text{ Sol Miller} = 98\%$$

$$R \text{ Sol Miller} = \frac{\text{Tiempo de operación neta miller}}{\text{Tiempo Bruto de operación miller}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$R \text{ Sol Miller}$ = Rendimiento de la soldadora Miller

$$R \text{ Sol Miller} = \frac{790 \text{ horas}}{1024 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$R \text{ Sol Miller} = 77\%$$

$$C \text{ Sol Miller} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación miller}}{\text{Tiempo de operación Neta miller}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$C \text{ Sol Miller}$ = Calidad de la soldadora Miller

$$C \text{ Sol Miller} = \frac{770 \text{ horas}}{790 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$C \text{ Sol Miller} = 97\%$$

$$\text{OEE sol miller} = 0,98 \times 0,77 \times 0,97 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\text{OEE sol miller} = 0,73 \times 100\%$$

Donde:

$OEE \text{ Sol Miller}$ = Efectividad Global de la soldadora miller

$$\text{OEE sol miller} = 73\%$$

Máquina de soldar Alimentador Lincoln Electric

Tiempo Teórico de producción		
1170 horas		
Tiempo Disponible		Paradas Planificadas
1040 horas		130 horas
Tiempo Bruto de operación		Pérdidas de Disponibilidad
1015,50 horas		24,50 horas
Tiempo de operación neta		Pérdidas de rendimiento
859,50 horas		156 horas
Tiempo Válido		Pérdidas de calidad
833,50 horas		26 horas

Figura 11. Tiempo de distribución en planta Alimentador Lincoln

Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ sol Lincoln} = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación Lincoln}}{\text{Tiempo Disponible Lincoln}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

$D \text{ Sol Lincoln}$ = Disponibilidad de la soldadora Lincoln

$$D \text{ sol Lincoln} = \frac{1015,50 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$D \text{ sol Lincoln} = 98\%$$

$$R \text{ sol Lincoln} = \frac{\text{Tiempo de operación neta Lincoln}}{\text{Tiempo Bruto de operación Lincoln}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$R \text{ Sol Lincoln}$ = Rendimiento de la soldadora Lincoln

$$R \text{ Sol Lincoln} = \frac{859,50 \text{ horas}}{1015,50 \text{ horas}}$$

$$R \text{ Sol Lincoln} = 85\%$$

$$C \text{ Sol Lincoln} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación Lincoln}}{\text{Tiempo de operación Neta Lincoln}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

$C \text{ Sol Lincoln}$ = Calidad de la soldadora Lincoln

$$C \text{ Sol Lincoln} = \frac{833,50 \text{ horas}}{859,50 \text{ horas}}$$

$$C \text{ Sol Lincoln} = 97\%$$

$$\text{OEE sol Lincoln} = 0,98 \times 0,85 \times 0,97 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$\text{OEE sol Lincoln} = 0,81 \times 100\%$$

Donde:

OEE Sol Lincoln = Efectividad Global de la soldadora Lincoln

$$\text{OEE sol Lincoln} = 81\%$$

Máquina de soldar Lincoln Electric RX-450

Tiempo Teórico de producción		
1170 horas		
Tiempo Disponible		Paradas Planificadas
1040 horas		130 horas
Tiempo Bruto de operación		Pérdidas de Disponibilidad
1022 horas		18 horas
Tiempo de operación neta		Pérdidas de rendimiento
827 horas		195 horas
Tiempo Válido	Pérdidas de calidad	
811 horas	16 horas	

Figura 12. Tiempo de distribución en planta Soldadora RX-450

Elaborado Por: Luis Rocha

$$D \text{ sol RX 450} = \frac{\text{Tiempo Bruto de operación Rx 450}}{\text{Tiempo Disponible Rx 450}} \quad \text{(Ecuación 5)}$$

Donde:

$D \text{ Sol RX 450}$ = Disponibilidad de la soldadora RX 450

$$D \text{ sol RX 450} = \frac{1022 \text{ horas}}{1040 \text{ horas}}$$

$$D \text{ sol RX 450} = 98\%$$

$$R \text{ sol RX 450} = \frac{\text{Tiempo de operación neta RX 450}}{\text{Tiempo Bruto de operación RX 450}} \quad \text{(Ecuación 6)}$$

Donde:

$R \text{ Sol RX 450}$ = Rendimiento de la soldadora RX 450

$$R \text{ Sol RX 450} = \frac{827 \text{ horas}}{1022 \text{ horas}} \times 100\%$$

$$R \text{ Sol RX 450} = 81\%$$

$$C \text{ Sol RX 450} = \frac{\text{Tiempo Valido de operación RX 450}}{\text{Tiempo de operación Neta RX 450}} \quad \text{(Ecuación 7)}$$

Donde:

$C \text{ Sol RX 450}$ = Calidad de la soldadora RX 450

$$C \text{ Sol RX 450} = \frac{811 \text{ horas}}{827 \text{ horas}}$$

$$C \text{ Sol RX 450} = 98\%$$

$$OEE \text{ sol RX 450} = 0,98 \times 0,81 \times 0,98 \quad \text{(Ecuación 4)}$$

$$OEE \text{ sol RX 450} = 0,78\%$$

Donde:

$OEE \text{ Sol RX 450}$ = Efectividad Global de la soldadora RX 450

$$OEE \text{ sol RX 450} = 78\%$$

Disponibilidad

= *D sol RX 330 x D sol CT 280 x D sol infra x D sol SV 275 x D sol miller*
x D sol lincoln x D sol RX 450

Disponibilidad = 0,97 x 0,98 x 0,98 x 0,98 x 0,98 x 0,98 x 0,98

Disponibilidad = 0,86 x 100%

Disponibilidad = 86%

Rendimiento

= *R sol RX 330 x R sol CT 280 x R sol infra x R sol SV 275 x D sol miller*
x R sol lincoln x R sol RX 450

Rendimiento = 0,83 x 0,79 x 0,82 x 0,72 x 0,77 x 0,85 x 0,81

Rendimiento = 0,21 x 100%

Rendimiento = 21%

Calidad

= *C sol RX 330 x C sol CT 280 x C sol infra x C sol SV 275 x C sol miller*
x C sol lincoln x C sol RX 450

Calidad = 0,98 x 0,98 x 0,97 x 0,96 x 0,97 x 0,97 x 0,98

Calidad = 0,82 x 100%

Calidad = 82%

OEE = (disponibilidad) x (rendimiento) x (Calidad)

OEE = (0,82) x (0,21) x (0,82)

OEE = 0,14 x 100%

OEE = 14%

Anexos 3. Tabla de t Student

En la Figura 13. se muestra la gráfica del t - Student, la cual se encuentra en la Tabla 23.

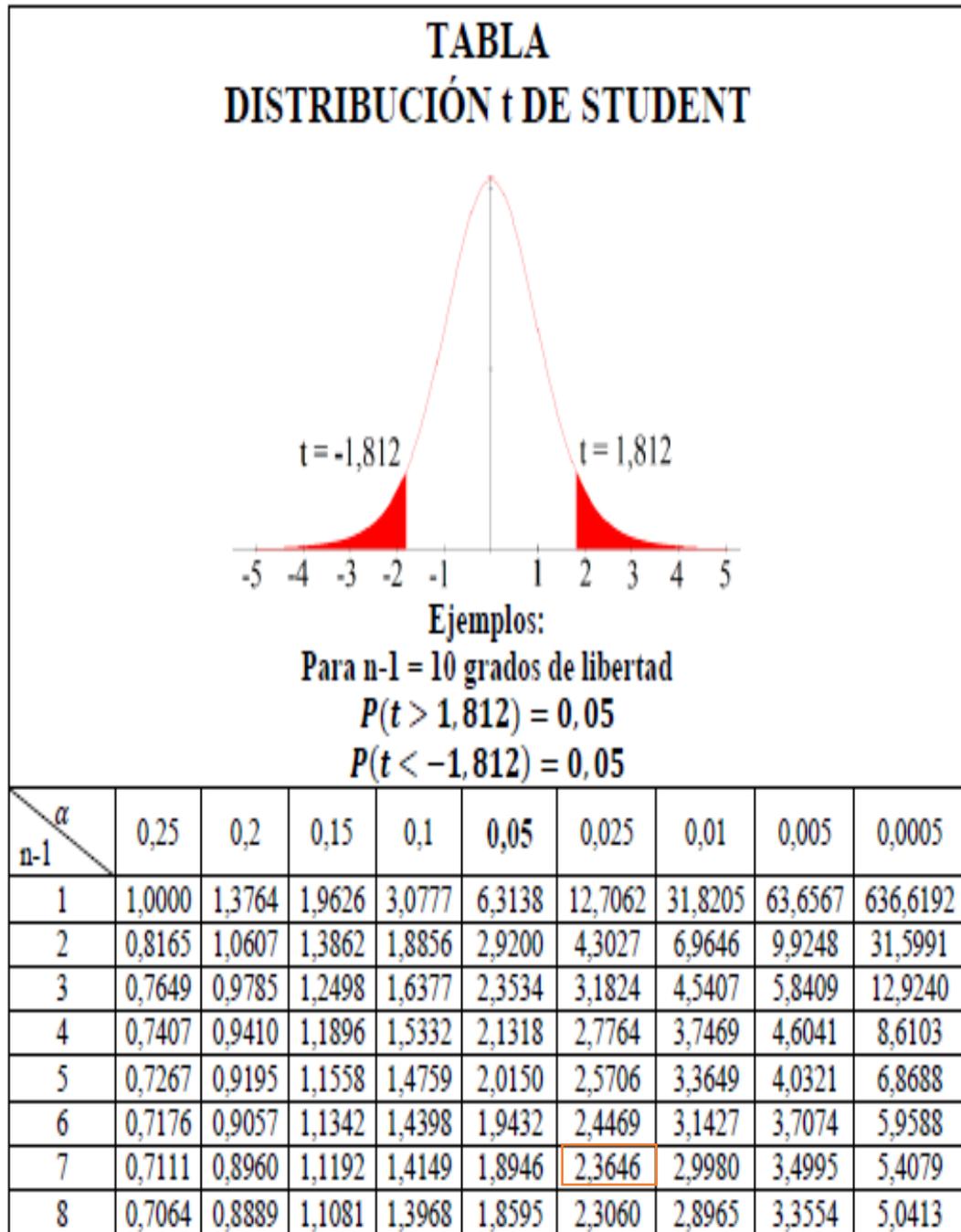


Figura 13. Localización T-Student

Anexo 4. Descripción de las operaciones

Solicitud de materiales de bodega.- Previo a los trabajos de soldadura, o de fabricación de estructuras metálicas se realiza la orden de salida de materiales y herramientas.



Formulario de solicitud de materiales de bodega con el título "LISTA DE MATERIALES E INSUMOS PROPIETARIOS". El formulario incluye campos para el nombre del solicitante, el departamento, el número de solicitud y la fecha. La parte principal del formulario es una tabla con las siguientes columnas: CANTIDAD, DESCRIPCIÓN, UNIDAD, MATERIAL, y OBSERVACIONES. Se han ingresado tres ítems:

CANTIDAD	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MATERIAL	OBSERVACIONES
1	Paño de limpieza			Paño de limpieza de 10"
1	Armadura para soldadura (1)			Armadura
1	Paño de limpieza			Paño de limpieza

Figura 14. Solicitud de materiales de bodega

Elaborado Por: Luis Rocha

Salida de materiales de bodega.- mediante una guía salen las herramientas de bodega, la cual es aprobada por el bodeguero y con firma de los operarios que lo solicitan.



Figura 15. Salida de materiales de bodega

Elaborado Por: Luis Rocha

Conexión de máquinas de soldar.- en este punto las máquinas se instalan en la zona industrial para proceder con el proceso de soldadura.



Figura 16. Conexión de máquinas de soldar

Elaborado Por: Luis Rocha

Corte de materiales, planchas vigas.- Trazos de planchas para proceder al proceso de soldadura.



Figura 17. Corte de materiales
Elaborado Por: Luis Rocha

Proceso de biselado.- en este punto con ayuda de una amoladora se procede a preparar los materiales (Probeta), para el trabajo el operario esta con equipos de protección para trabajos en caliente y pantalla facial.



Figura 18. Proceso de biselado
Elaborado Por: Luis Rocha

Proceso de soldadura.- Proceso de soldadura, (SMAW, GTAW, FKAE, MAG – MIG), donde se inspeccionan que las máquinas de soldar este regulado se amperaje de acuerdo al espesor del material.



Figura 19. Proceso de soldadura
Elaborado Por: Luis Rocha

Proceso de esmerilado.- Este proceso se encarga de extraer las partes que tengan exceso de soldadura para pasar al siguiente proceso de pintura.



Figura 20. Proceso de esmerilado
Elaborado Por: Luis Rocha

Pintura y acabados.- Este proceso se encarga de los acabados de las fabricaciones, para una entrega a los clientes potenciales (Empresas cementeras).



Figura 21. Pintura y acabados
Elaborado Por: Luis Rocha

Almacenamiento.- Puede constituirse como un almacenamiento de forma temporal, para la entrega final a los clientes.



Figura 22. Almacenamiento
Elaborado Por: Luis Rocha