



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS
CARRERA DE INGENIERÍA DE EMPRESAS
MODALIDAD DUAL**

TRABAJO DE TITULACIÓN

Previa a la obtención del título de:

INGENIERO DE EMPRESAS

TEMA:

**ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LA GESTIÓN PRODUCTIVA
EMPLEANDO EL MÉTODO DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS
(OEE) EN EL ÁREA DE ACERO AL CARBONO DE LA EMPRESA ACINDEC
S.A. PARA EL PERÍODO ENERO – JUNIO DEL 2015**

AUTOR:

RENATO NICOLÁS TENEMAZA VALLEJO

RIOBAMBA - ECUADOR

2016

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

Certificamos que el presente trabajo de investigación, previo a la obtención del título de Ingeniería en Empresas, Modalidad Dual, ha sido desarrollado por el Señor Renato Nicolás Tenemaza Vallejo con cédula de identidad N° 060347046-9 ha llegado a cumplir con todas las normas de investigación científica y una vez revisada y analizado su contenido autorizamos su presentación.

Ing. Jorge Antonio Vasco Vasco

DIRECTOR

Ing. José Fernando López Aguirre

MIEMBRO DE TRIBUNAL

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

Yo, Renato Nicolás Tenemaza Vallejo, declaro que el presente trabajo de titulaciones es de mi autoría y que los resultados del mismo son auténticos y originales. Los textos constantes en el documento que provienen de otra fuente, están debidamente citados y referenciados.

Como autor, asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación.

Riobamba, 13 de mayo del 2016.

Renato Nicolás Tenemaza Vallejo
C.I. 060347046-9

DEDICATORIA

Este trabajo ha sido realizado a base de esfuerzo y con la satisfacción de haber alcanzado una de mis metas, lo dedico con afecto a mis padres, maestros y seres queridos que me impulsaron en este camino

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios y luego a mis
padres que me impulsaron a ser una
persona útil a la sociedad, ellos sembraron
en mí el deseo de superación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	i
Certificación del tribunal.....	ii
Declaración de autenticidad.....	iii
Dedicatoria.....	iv
Agradecimiento.....	v
Índice de contenido.....	vi
Índice de tablas.....	ix
Índice de ilustraciones.....	x
Índice de anexos.....	xi
Resumen ejecutivo.....	xii
Summary.....	xiii
Introducción.....	1
1) CAPÍTULO I: EL PROBLEMA -----	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA -----	3
1.1.1 Formulación del Problema.....	4
1.1.2 Delimitación del Problema	5
1.2 Justificación-----	5
1.3 Objetivos -----	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivos Específicos	6
2) CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO -----	7
2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS-----	7
2.2 Fundamentación teórica-----	9
2.3 Historia y nacimiento de los estudios de métodos movimientos y tiempos -----	10
2.3.1 Frederick Winslow Taylor.	10
2.3.2 Científica:	11
2.3.3 Administración de oficinas:	12
2.3.4 Administrador de oficina:	12
2.3.5 Doctrina de Taylor	12
2.3.6 Frank Bunker Gilbreth y Lilliam Gilbreth.	13
2.3.7 Harrington Emerson	14
2.3.8 Gestión.	15
2.3.9 Producción.	15
2.3.10 Productividad.	15
2.3.11 Gestión productiva.	15
2.3.12 Objetivos de la Gestión de la Producción.	16
2.3.13 Funciones de Gestión de la Producción.	16

2.3.14 OEE y su relación con el TPM.	17
2.3.15 Disminución de Disponibilidad.	17
2.3.16 Disminución de Rendimiento.	18
2.3.17 “Medir es Conocer”.	20
2.3.18 Objetivo del OEE.	21
2.3.19 Resultados del OEE.	21
2.3.20 Implicación del equipo de producción.	21
2.3.21 Fórmula y Forma de cálculo de OEE.	22
2.3.22 Metodología OEE en un Proceso Industrial.	22
2.3.23 Clasificación OEE.	24
2.3.24 Conclusiones Generales sobre la gestión del OEE.	25
2.3.25 Elementos.	26
2.3.26 Estudio de métodos, movimientos y tiempos.	27
2.3.27 Aplicaciones de métodos	28
2.3.28 Administración de proyectos.	29
2.3.29 JIT y Operaciones Estables.	30
2.3.30 Administración de Recursos Humanos.	30
2.3.31 Estrategias de operaciones en un entorno global.	30
2.3.32 Estrategia Orientada al Proceso.	31
2.3.33 Enfoque de personalización a gran escala.	31
2.3.34 Orientada al cliente.	32
2.3.35 OEE: Eficiencia General de los Equipos.	32
2.3.36 Gestión productiva basada en el OEE:	32
2.3.37 La importancia del OEE	33
2.3.38 Variables.	33
2.3.39 Tiempo normal de trabajo	33
2.3.40 Tiempo parada planificada	33
2.3.41 Tiempo ajustes y averías	34
2.3.42 Despilfarro.	34
2.3.43 Optimización.	34
2.3.44 Unidades producidas	34
2.3.45 Capacidad instalada	35
2.3.46 Unidades aprobadas	35
2.3.47 Tiempo operativo	35
2.3.48 Tiempo operativo real	35
2.3.49 Rendimiento:	36
2.3.50 Capacidad Nominal,.....	37
2.3.51 Tiempo de Ciclo Ideal	37
2.3.52 Calidad:.....	38
2.3.53 Fluctuación de eficiencia	39
2.3.54 Variación de producción y variación de tiempos	39
2.4 HIPÒTESIS-----	41
2.4.1 Hipòtesis General.....	41

2.4.2 Hipótesis Específicas	41
2.5 VARIABLES	42
2.5.1 Variable Independiente	42
2.5.2 Variable Dependiente	43
3) CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	44
3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN	44
3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN	44
3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA	44
3.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS	46
3.4.1 Técnicas de la Investigación	46
3.4.2 Instrumentos.....	46
3.5 RESULTADOS DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN	47
3.5.1 ETAPA 1: Soldadura	48
3.5.2 DETALLE DE TRABAJO	52
3.5.3 ETAPA 2: BAROLADO	53
3.5.4 ETAPA: PINTURA	54
3.5.5 ETAPA: MAQUINADOS	56
3.5.6 ETAPA: GRANALLADO.....	58
3.5.7 INFORME CAPACIDAD INSTALADA	59
3.6 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS	60
4) CAPÍTULO IV: MARCO PROPOSITIVO	63
4.1 TÍTULO	63
4.1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA	63
4.1.2 RESEÑA HISTÓRICA.....	64
4.1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA	65
4.1.4 Filosofía	65
4.1.5 Misión	65
4.1.6 Visión.....	66
4.1.7 Objetivos.....	66
4.1.8 Valores corporativos	66
4.1.9 Diagrama organizacional	67
4.1.10 Organigrama producción	68
4.2 CONTENIDO DE LA PROPUESTA.....	68
4.2.1 Administración de la cadena de suministros.	68
4.2.2 Manual para aplicar el OEE.....	70
4.2.3 MANUAL DE USO.....	70
4.2.4 SOLDADURA.....	73
4.2.5 Mapa del proceso	74
4.2.6 Diagrama de flujo soldadura.....	74
4.2.7 ANÁLISIS	75

4.2.8 MEJORAS	76
4.2.9 ANÁLISIS	76
4.2.10 PINTURA:	77
4.2.11 Mapa del proceso	77
4.2.12 Diagrama de flujo	78
4.2.13 ANÁLISIS	80
4.2.14 MAQUINADOS	80
4.2.15 Mapa del proceso	80
4.2.16 Diagrama de flujo	81
4.2.17 ANÁLISIS DE MEJORA.....	84
4.2.18 BAROLADO	85
4.2.19 Mapa del proceso	85
4.2.20 Diagrama de flujo	85
4.2.21 Fluctuación de la eficiencia	86
4.2.22 ANÁLISIS DE MEJORA.....	86
4.2.23 GRANALLADO.....	87
4.2.24 Mapa de proceso	87
4.2.25 Diagrama de flujo	88
4.2.26 TIEMPO/INVERSIÓN DE TANQUE 2771	89
4.2.27 COSTOS MANO DE OBRA	89
CONCLUSIONES.....	90
RECOMENDACIONES.....	91
BIBLIOGRAFÍA.....	92
LINCOGRAFÍA.....	92
ANEXOS.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Valoración del OEE.....	24
Tabla 2. Variable independiente	42
Tabla 3. Variable dependiente	43
Tabla 4 Detalle de muestras por etapas	45
Tabla 5 Soldadura A36 38MM SMAW.....	48
Tabla 6 Balance de tiempo real de producción.....	50
Tabla 7 ANÁLISIS OEE	51
Tabla 8 Barolado.....	53
Tabla 9 Pintura.....	54
Tabla 10 Maquinados.....	56
Tabla 11 OEE.....	57
Tabla 12 Granallado.....	58
Tabla 13 Resumen de Capacidad Instalada	59
Tabla 14 Prueba t de funciones Soldadura.....	60
Tabla 15 Prueba t de funciones. Pintura	61
Tabla 16 Prueba t de funciones. Maquinados	62

Tabla 17 Detalle de tiempo	70
Tabla 18 Detalle de capacidad promedio en cuanto a unidades aprobadas	71
Tabla 19 Detalle de tiempo operativo frente a tiempo operativo real	71
Tabla 20 Cálculo de disponibilidad	72
Tabla 21 Cálculo de Rendimiento	72
Tabla 22 Cálculo de calidad.....	73
Tabla 23 Cálculo OEE	73
Tabla 24 Comparación de funciones. Soldadura	75
Tabla 25 Tiempos considerados (estudio previo a análisis)	76
Tabla 26 Comparación de funciones. Pintura	78
Tabla 27 Comparación de funciones. Maquinados.....	82
Tabla 28 Tiempos considerados	84
Tabla 29 Comparación de funciones. Barolado.....	86
Tabla 30 Tiempo/inversión de tanque 2771	89
Tabla 31 Detalle de trabajo en mano de obra	89

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Deficiente control	4
Ilustración 2: Fundamentación teórica.....	9
Ilustración 3: Trabajos de Taylor	11
Ilustración 4: Aplicación de métodos	28
Ilustración 5: Estrategia del proceso	31
Ilustración 6: Disponibilidad	36
Ilustración 7: Eficiencia	37
Ilustración 8: Calidad.....	39
Ilustración 9: Tiempo total.....	40
Ilustración 10: Hipótesis	41
Ilustración 11: Variación de producción.....	49
Ilustración 12: Variación real de tiempos	50
Ilustración 13 Detalle de trabajo	52
Ilustración 14 Ubicación geográfica	65
Ilustración 15 Diagrama organizacional	67
Ilustración 16 Organigrama de producción	68
Ilustración 17: Cadena de suministros	69
Ilustración 18 Diagrama de flujo soldadura.....	74
Ilustración 19 OEE Soldadura	75
Ilustración 20 Diagrama de flujo pintura.....	78
Ilustración 21: Tipos de pintura	79
Ilustración 22 Diagrama de flujo Maquinados	81
Ilustración 23: OEE Fluctuación de la eficiencia	83
Ilustración 24 Diagrama de flujo barolado	85
Ilustración 25: Ilustración de eficiencia.....	86

Ilustración 26 OEE fluctuación de la eficiencia	88
---	----

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Torno de maquinado	94
Anexo 2 Pig launcher finalizado tipo de suelda GTAW-SMAW de 2", 4" y 6"	94
Anexo 3 Palomier en proceso tipo de suelda GMAW 12MM-SA516	94
Anexo 4 Intercambiado en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 38 MM-A36	95
Anexo 5 Tanque en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 19 MM-SA516	95
Anexo 6 Tanque en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 19 MM-SA516	95
Anexo 7 Tanque en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 19 MM-SA516	96
Anexo 8 Tanque en proceso tipo de suelda SAMW 38MM-A36.....	96
Anexo 9 Puntos de suelda tipo GTAW 16 MM-SA516	97
Anexo 10 Brida en proceso tipo de suelda SAMW ESPESOR 38MM-A36.....	97
Anexo 11 Granallado	97
Anexo 12 Soldadura.....	98
Anexo 13 Pintura	98

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación tiene por objetivo realizar el análisis e interpretación de la gestión productiva empleando el método de Eficiencia General de los Equipos (OEE) en el área de acero al carbono de la empresa ACINDEC, se implementó esta herramienta que facultó controlar eficazmente la producción de la misma, apoyándome en métodos estadísticos de medias para comprobar la validez de los datos obtenidos, lo que permitió conocer inicialmente la capacidad instalada para después mejorar la planificación del área en estudio, la misma que mejoró su factibilidad, por lo que incrementó su productividad y redujo los costos en las distintas áreas de producción en mano de obra; con lo obtenido durante la investigación se pudo notar una clara mejoría de los procesos productivos, la optimización del uso de recursos tanto humanos como materiales y energéticos, ampliando el eficaz funcionamiento de la planta y requerimiento de cada tipo de trabajo, generando una logística superior a la que se venía desempeñando.

Ha sido necesario aplicar el método OEE de mejora de planificación en las diferentes áreas de la empresa, principalmente en el nivel operativo de la planta, pues hay varios factores que escapan de la parte técnica siendo responsabilidad del área de gestión.

Por ser una empresa metalmecánica dedicada al diseño de equipos industriales sus colaboradores técnicos calificados en la ingeniería mecánica y electrónica; están conscientes que se necesita una herramienta de gestión para que sus equipos funcionen de manera eficiente y se vea reflejado en la optimización de recursos, calidad, satisfacción del cliente y productividad.

Palabras claves: Análisis, Interpretación, Gestión Productiva, Acero al Carbono, Equipos de trabajo.

Ing. Jorge Antonio Vasco Vasco

DIRECTOR

SUMMARY

This research aims to perform the analysis and interpretation of production management using the method of overall Equipment Effectiveness (OEE) in the area of carbon steel company ACINDEC, this tool that empowers effectively control production was implemented the same, achieving support statistical methods of means for checking the validity of the data obtained, which allowed initially know the installed capacity and then improve the planning of the study area, the same improved its feasibility, which increased its productivity and reduced costs in different areas of production labor thus obtained during the investigation could notice a clear improvement of production processes, optimizing the use of both human and material resources and energy, expanding the effective operation of the plant and requirement of each type of work. creating a superior logistics which he was performing.

It has been necessary to apply the method oEE improvement planning in different areas of the company, mainly at the operational level of the plant as there are several factors beyond the technical part is the responsibility of management area.

Being an engineering company dedicated to designing industrial equipment, the technical staff qualified in mechanical and electronic engineering they are aware that a management tool is needed for their teams function efficiently and be reflected in the optimization of resources, quality customer satisfaction and productivity.

KEYWORDS: Analysis, Interpretation, Production Management, Carbon Steel, work Equipment.

INTRODUCCIÓN

Siendo el área de producción un factor importante para el desarrollo integral de la empresa no ha recibido un estudio serio, por lo que la presente investigación no tuvo datos para ser tomados como punto de partida, teniendo que comenzar desde reconocer la capacidad instalada, que no tenía registro en más de 30 años de funcionamiento, hasta tener conocimiento de la eficiencia real de la planta, además de los niveles de recursos requeridos para el desarrollo de cada actividad, siendo el propósito inicial del presente trabajo analizar la gestión productiva utilizando el Método OEE; con este fin se han desarrollado cuatro capítulos:

Capítulo I: Se diagnostica y se plantea el problema definiendo los objetivos.

Capítulo II: Se realiza una exploración sobre los antecedentes investigativos y se efectúa la fundamentación teórica, formulándose la hipótesis con sus respectivas variables independientes y dependientes.

Capítulo III: En el marco metodológico se especifica la modalidad, tipo, métodos, técnicas e instrumentos de la investigación para demostrar los resultados, el detalle de trabajo, el informe de la capacidad instalada y por último para verificar la hipótesis.

Capítulo IV: En el marco propositivo se introdujo información sobre la empresa, elaborándose la propuesta para recomendar y mantener la aplicación del Método de Eficiencia General de los Equipos (OEE), culminando con las conclusiones y recomendaciones.

El método utilizado para el presente trabajo investigativo es el **Investigativo Cuasi Experimental** porque se trabajó con grupos ya establecidos en el área de acero al carbono lo que precisó el nivel inicial, el proceso de trabajo mediante la aplicación, estadísticas, entrevistas al personal, observaciones, que analizaban y se direccionaban al instrumento de medición de los datos recopilados.

Como tipo de investigación se utilizó la de campo debido a que los datos requeridos fueron recolectados directamente del área en estudio. Y la de comparación de medias porque indica el nivel de relación entre las variables y los sujetos motivo de estudio.

La **Población y Muestra** fueron todas las medidas tomadas en los procesos y materiales de soldadura, pintura, granallado, barolado, maquinados y personas que intervienen en el desarrollo de cada proceso.

El trabajo realizado busca implementar el Método de Eficiencias General de los Equipos para mejorar la gestión productiva de la empresa, incrementar su capacidad de producción y disminuir su nivel de gastos innecesarios por proceso

CAPÍTULO I: EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

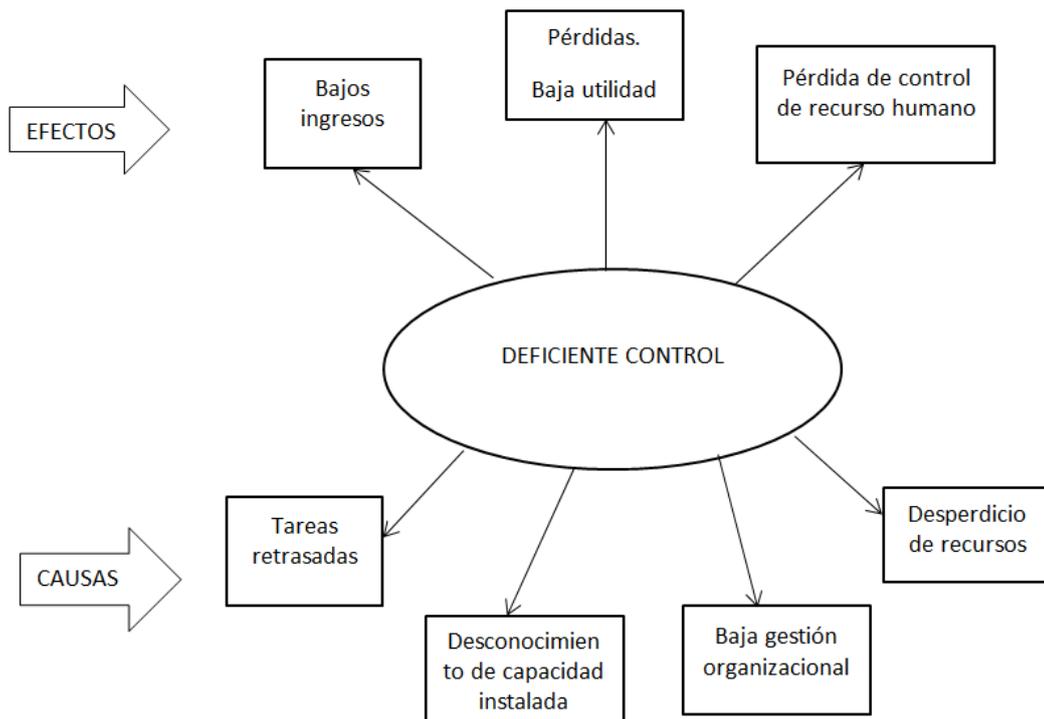
La empresa es una institución productora de estructuras de acero de grande y mediana magnitud. Presenta desfases en la planificación y ejecución de actividades tendientes a cumplir con las etapas contempladas dentro de un cronograma establecido, por lo que se ve la necesidad de incrementar el control de sus actividades dentro de la misma, pues estos inconvenientes en el tiempo estimado de culminación de tareas retrasan el cumplimiento de los pedidos.

Este deficiente control en las actividades de la empresa han generado pérdidas en la gestión productiva, así como bajos ingresos, baja utilidad; algunas de las causas para este resultado han sido el desconocimiento de la capacidad instalada, la poca gestión organizacional, tareas retrasadas y desperdicios de recursos como se evidencia en la ilustración 1.

Todo este conjunto de falencias se han producido por la carencia de estudio dentro del área de producción, al ver la necesidad de conocer la situación productiva de la empresa se requirió un estudio administrativo del área.

Resultado de esto se presentan tres grandes efectos que repercuten principalmente en los factores económicos de la empresa al tener bajos ingresos, pérdidas por la baja utilidad además de que por el desconocimiento se pierde el control sobre el recurso humano, dando como resultado desajustes en la planificación y ejecución de un proyecto.

Ilustración 1: Deficiente control



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Por lo que se ha venido evidenciando, hay la necesidad de conocer sus niveles de eficacia y eficiencia reales en los procesos productivos, para evitar las demoras en las entregas, los despilfarros en materiales y mano de obra que provocan pérdidas, que se conocerán con el presente trabajo, para evitarlas.

1.1.1 Formulación del Problema

Se formula la interrogante a la que se proyecta dar respuesta:

¿Mejorando la capacidad productiva de la Empresa ACINDEC S.A. que al tener una deficiente herramienta de control de eficiencia y eficacia en el área productiva de acero al carbono, deja de tener desfases en planificación y despilfarro de recursos?

1.1.2 Delimitación del Problema

La investigación se efectuará en la Provincia de Pichincha, Cantón Quito, Parroquia Cotocollao, ubicada en las calles de las Avellanas lote #11 y av. Eloy Alfaro, en el tiempo propuesto para el estudio dentro del período de enero – junio del 2015, mediante una explicación basada en el teorema de Render (OEE) de un conjunto de muestras que se obtendrán de cada proceso, enfocadas de la siguiente manera:

Lógico matemática: Disponibilidad, Rendimiento, Calidad y Eficiencia.

Estadística: Obtenidas mediante las muestras recogidas diariamente, basadas en datos matemáticos, para conocer sus variaciones en un análisis final, siendo enfocado este análisis tanto en el aspecto productivo como en el financiero.

Esta investigación se basa en los estudios de la eficiencia general de los equipos (OEE) que busca establecer lineamientos de producción real, descartando de sus cálculos toda parada durante el desempeño de actividades.

1.2 Justificación

Reconocido el problema en el manejo de la planificación, se hace evidente que primero es necesario comprender la capacidad instalada, que no es sino conocer el potencial productivo de las instalaciones mediante el ejercicio del OEE (Eficiencia General de los Equipos), porque este sistema analiza la capacidad, el rendimiento y la disponibilidad de la planta, datos con los cuales se comprende de mejor manera como se destinan los recursos existentes, específicamente en el área de acero al carbono, por ser es el sector donde más pérdidas se ha dado.

Después de saber cuál es la capacidad instalada y conociendo su verdadero volumen productivo se puede estandarizar tiempos tope de cada proceso y así evitar pérdidas en recursos, tiempo y mano de obra, pues cuando no se norman tareas, el colaborador tiene el control del proceso y no el supervisor, así mismo los materiales e insumos son mal utilizados.

Con la presente tesis se buscará aplicar el sistema (OEE), con el que se expondrán los principales ratios, siendo estos disponibilidad, calidad y rendimiento, para a través de los

mismos, explicar de forma lógica-matemática, la eficiencia actual de la planta y obtener sus niveles reales de producción aproximada permitiéndonos identificar, cuantificar para minimizar pérdidas productivas.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Analizar e interpretar la gestión productiva mediante un sistema de eficiencia general de los equipos (OEE) en la Empresa ACINDEC con el fin de que se optimice la eficiencia de planta, equipo y operador, encaminada al mantenimiento de un nivel óptimo en el uso de recursos y un producto de calidad.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Encontrar tiempos promedios de culminación de actividades y sus índices de calidad estableciendo una norma de uso aproximado de recursos.
2. Obtener un factor de respaldo para control del desempeño laboral dentro de planta, evitando despilfarros de mano de obra.
3. Gestionar tiempos óptimos de ajustes y averías, disminuyendo la mayor cantidad posible de períodos improductivos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

Como antecedente a la tesis realizada, se investigaron trabajos presentados en la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo a lo largo de su historia académica en la facultad de Administración de empresas, sin encontrarse material suficiente acerca de proyectos sobre gestión productiva referentes a temas afines, se verificó en internet encontrándose una, la cual cumple con las características necesarias para referencia:

Autores: Carlos Leonardo Casilimas Macías y Roberth Adrián Poveda Quintero, año 2012

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES DE PRODUCTIVIDAD Y MEJORAMIENTO OEE (OVERALL EFFECTIVENESS EQUIPMENT) EN LA LÍNEA TUBERÍA EN CORPACERO S.A.

La tesis fue presentada en la Universidad De Chile Facultad De Ciencias Físicas Y Matemáticas Departamento De Ingeniería Industrial.

Sus autores justifican la implementación del TPM en las actividades de la compañía porque este sistema de mejora continua tiene entre sus objetivos perfeccionar la planta y sus equipos mediante el involucramiento de todos los colaboradores, pues la detención de los mismos por averías se debe a muchos factores como la falta de mantenimiento preventivo, el TPM también busca mejorar las habilidades de los operadores para que se encarguen de tareas básicas de mantenimiento como limpieza, lubricación, reparaciones pequeñas que ayudarán a mejorar la disponibilidad de los equipos y alargar su vida útil.

Otros de los objetivos del TPM es la reducción de defectos en los productos, entre los pilares de este sistema se encuentra la educación y entrenamiento, manteniendo la calidad mejorando las habilidades de los colaboradores, para que encuentren soluciones que minimicen los defectos en los mismos.

La implementación del TPM ha sido introducida de a poco notándose sus beneficios en el aspecto económico, organizativo, productivo y de seguridad.

El objetivo de la tesis tomada como antecedente fue la implantación efectiva y gradual de un sistema de mejora continua bajo la filosofía del TPM en la planta elaboradora y comercializadora de bebidas gaseosas.

Durante la aplicación del trabajo de campo se presentó resistencia al cambio por parte de los operadores pues veían al TPM como una carga adicional de responsabilidad, idea que fue diluyéndose a medida que conocían sus beneficios, elevaron su nivel operativo y técnico, se optimizaron las tareas de mantenimiento preventivo, se redujo la cantidad trabajos de mantenimiento correctivo no planificado, hubo una mejora en el rendimiento.

Luego de concluido el proyecto y notándose las mejoras, se recomienda continuar con la formación de los operadores para que tengan un nivel de habilidad y técnica garantizando así elevar el nivel de OEE de la línea.

El anterior estudio muestra antecedentes claros en los cuales se podría apoyar el tema propuesto, contribuyendo significativamente como una guía de desarrollo y pasos claros que se deben tener en cuenta para el progreso del presente proyecto productivo.

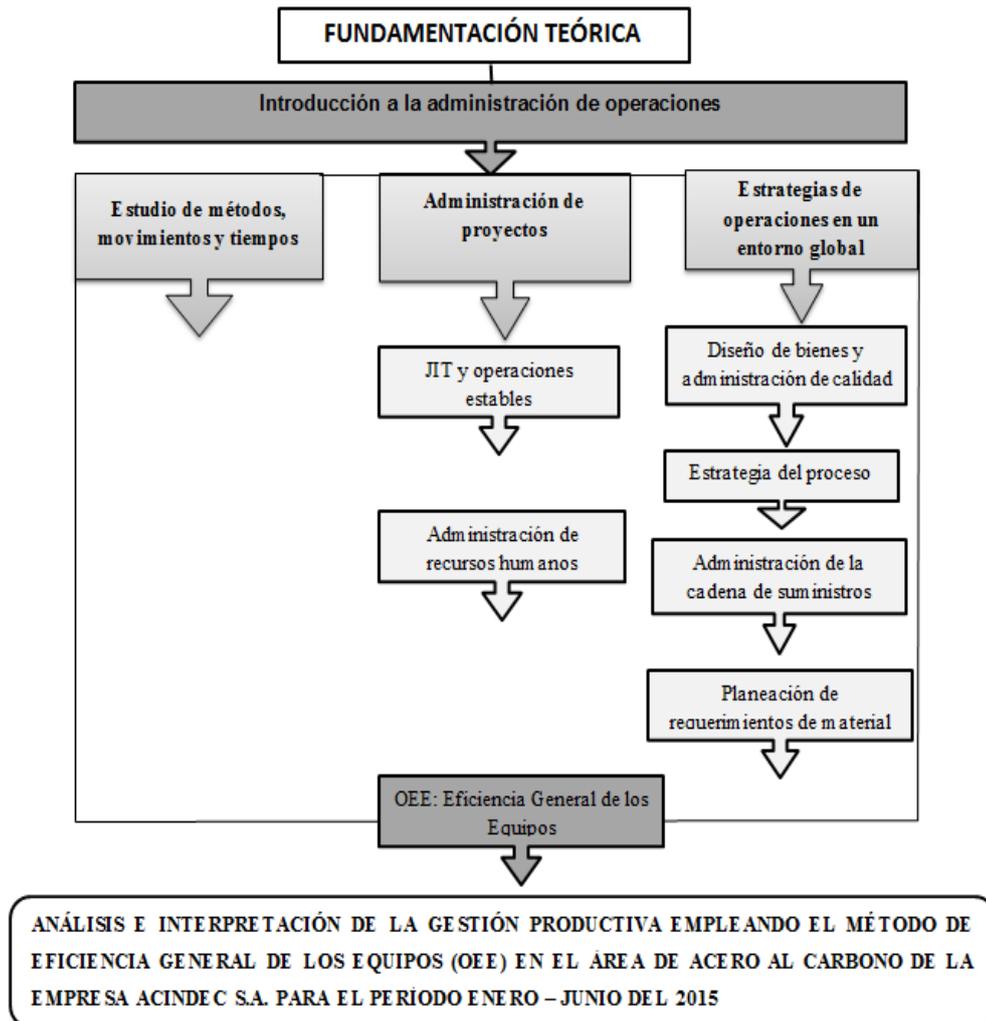
Para empezar el tema de la tesis presente es necesario conocer el origen de las primeras conceptualizaciones sobre tiempos y movimientos, con el fin de comprender sus inicios hasta llegar a los teoremas propuestos en la actualidad.

Las funciones que realiza la empresa para cumplir su procedimiento productivo, incluyen directamente un proceso donde se inicia la negociación con el cliente sobre los parámetros que cumplirá la obra y las funciones específicas que requerirá la misma, después de llegar a un acuerdo la empresa procede a buscar todos los objetos y recursos necesarios para llevar a cabo en el tiempo acordado previamente la entrega del producto final. El desarrollo del trabajo cumple varias etapas como son: diseño, aprobación, requisición, ensamble, prueba, fiscalización y entrega, en el transcurso de estas etapas se evidencian varios despilfarros los cuales se pueden evitar aplicando métodos de control.

2.2 Fundamentación teórica

Se elaboró un mapa conceptual conductor para representar el Marco Teórico – Conceptual que ayudará a seguir el proceso investigativo de manera efectiva y ordenada; el proceso será el siguiente:

Ilustración 2: Fundamentación teórica



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

2.3 Historia y nacimiento de los estudios de métodos movimientos y tiempos

2.3.1 Frederick Winslow Taylor. (Palacios, L., 2009)

Llamado “El padre de la Administración Científica” por su aporte en el diseño de una nueva filosofía y enfoque de la Administración, consideró que la Administración científica es válida para toda actividad humana.

En lo referente a Administración Científica, Taylor F. 1911 menciona que: “La Administración Científica no es meramente un sistema para mantener los costos estables, ni un sistema de estudios de tiempos o supervisión funcional, no es un nuevo esquema de eficiencia o de compensación del personal. Es una completa revolución mental, un cambio de actitud hacia el trabajo. Consideraba que:

- Empleados y patronos no son actores antagónicos, sino protagónicos del sistema de producción.
- Solo la eficiencia y la eficacia en la producción puede asegurar la máxima prosperidad para el patrón y para los empleados. La máxima prosperidad entendida como, lograr un elevado nivel de excelencia de forma general sostenida y constante en la sociedad.
- Producir eficientemente quiere decir, trabajar con calidad y ello implica que el trabajo de la fábrica debe realizarse con gasto mínimo de esfuerzo humano, de recursos naturales, con el desgaste mínimo de maquinaria, herramientas, edificio entre otros.” P (33)

Máxima productividad = Máxima prosperidad

Ilustración 3: Trabajos de Taylor



Fuente: PALACIOS, L., Ingeniería de Métodos, movimientos y tiempos. Agosto 2009

Elaborado por: Luis Carlos Palacios Acero

2.3.2 Científica: (Taylor, F., 1911)

El enfoque típico de la escuela de la administración científica es el énfasis en las tareas. El nombre administración científica se debe al intento de aplicar los métodos de la ciencia a los problemas de la administración, con el fin de alcanzar elevada eficiencia industrial. Los principales métodos científicos aplicables a los problemas de la administración son la observación y la medición. La escuela de la administración científica fue iniciada en el comienzo de este siglo por el ingeniero mecánico americano Frederick W. Taylor, considerado el fundador de la moderna TGA.

2.3.3 Administración de oficinas:

Es la ciencia que planifica el ambiente de trabajo en forma adecuada para que el empleado trabaje a gusto y con eficacia.

2.3.4 Administrador de oficina:

El administrador de oficina necesita mantener sus habilidades al día para conservar el conocimiento y la experiencia en una variedad de áreas, sus deberes incluyen servicios administrativos, tecnología informática, recursos humanos, administración, liderazgo y comunicación.

2.3.5 Doctrina de Taylor

Taylor F. 1911 menciona que: “La organización científica de Taylor consiste esencialmente en un sistema filosófico que resulta de combinar cuatro grandes principios:

- Desarrollo de una ciencia de cada elemento de trabajo humano, para sustituir el método empírico.
- Selección científica de los operarios y su instrucción sistemática, con estímulo progresivo, en lugar de la elección de la tarea y del método por el operario.
- Intima cooperación con los operarios para asegurar que el trabajo se realice obedeciendo los estudios científicos.
- Repartición proporcionada del trabajo y de la responsabilidad entre la dirección y los operarios.”

2.3.6 Frank Bunker Gilbreth y Lilliam Gilbreth. (Palacios, L., 2009)

El estudio de movimiento realizado por los Gilbreth, combinaba los conocimientos de psicología e ingeniería para llevar a cabo un trabajo en el que se incluía la compensación de factor humano, así como el conocimiento de los materiales, herramientas, máquinas e instalaciones. Sus actividades cubren un amplio campo:

- Estudio sobre la fatiga y monotonía.
- Formación y trabajo para los retrasados.
- Diagrama del proceso.
- Estudio de micro movimientos.
- Cronociclografía.

El estudio del micro movimientos desarrollado por Gilbreth fue presentado en 1912 ante la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos. El estudio consiste en tomar los elementos de una operación con una cámara filmadora y un dispositivo de medida del tiempo, que indica con exactitud, los intervalos de tiempo en la película. A su vez permite hacer el análisis de los movimientos elementales registrados en la cinta y la asignación de valores de tiempo a cada uno de ellos. Gilbreth utilizó esta técnica para perfeccionar los métodos, para demostrar los movimientos correctos y para ayudar a la enseñanza de los trabajadores.

Muchos otros experimentos se realizaron logrando incrementos importantes en su productividad. Todos los experimentos de la época utilizaron los siguientes hechos:

- Seguridad ante todo.
- Colocar al hombre adecuado en el lugar adecuado.
- Evitar que una persona desarrolle el trabajo que puede hacer una máquina.
- Organizar el trabajo de modo que nadie se fatigue en movimientos inútiles al realizarlo.
- Las piezas deben presentarse previamente al operario.
- Hacer funcionar la máquina sin descanso, a toda velocidad y el mayor tiempo posible, así se amortizará rápidamente y podrán ser reemplazadas por otras más perfeccionadas.

2.3.7 Harrington Emerson (Palacios, L., 2009)

Fomentó la Administración Científica aplicada al mundo de los negocios puesto que las organizaciones no tenían ideales bien definidos, cada empresa poseía fines e ideas que no eran compartidas por todos sus socios y menos por los trabajadores, que no sabían con qué fin trabajaban.

Los Doce Principios de La Eficiencia según este autor:

- Ideales definidos claramente.
- Sentido común
- Asesoría competente
- Disciplina.
- Trato justo
- Registros confiables, inmediatos y adecuados.
- Distribución de las órdenes de trabajo
- Estándares y programas.
- Condiciones.
- Operaciones estándar.
- Instrucción de la práctica estándar por escrito.
- Recompensa a la eficiencia.

Posteriormente en los años 80 la industria sufre una evolución la que busca satisfacer un mercado más grande, lo que obliga a la gran empresa a convertirse en megaempresa por lo que se emplea un nuevo método de control de calidad, eficiencia, tiempos, mano de obra y disponibilidad de equipos conocido con OEE.

OEE es el acrónimo para Efectividad Global del Equipo (en inglés Overall Equipment Effectiveness) y muestra el porcentaje de efectividad de una máquina con respecto a su máquina ideal equivalente. La diferencia la constituyen las pérdidas de tiempo, las pérdidas de velocidad y las pérdidas de calidad.

El concepto de OEE nace como un KPI (Key Performance Indicator, en español Indicador Clave de Desempeño) asociado a un programa estándar de mejora de la producción

llamado TPM (Total Productive Maintenance – Management, en español Mantenimiento Productivo Total). El objetivo principal del programa TPM es la reducción de costos.

2.3.8 Gestión. (Díaz, A., 1993)

Plantea que es la acción de gestionar y administrar una actividad profesional destinada a establecer los objetivos y medios para su realización, a precisar la organización de sistemas, con el fin de elaborar la estrategia del desarrollo y a ejecutar la gestión del personal. Asimismo en la gestión es muy importante la acción, porque es la expresión de interés capaz de influir en una situación dada.

2.3.9 Producción. (Díaz, A., 1993)

Plantea que los fabricantes producen artículos tangibles, mientras que los productos de servicios a menudo son intangibles. Sin embargo, muchos productos son una combinación de un producto y servicio, lo cual complica la definición de servicio. Según Heizer y Render nos indica que producción es: “La creación de bienes y servicios”.

2.3.10 Productividad. (Díaz, A., 1993)

Plantea que la productividad es la capacidad de algo o alguien de producir, ser útil y provechoso. Siempre que se pronuncia la palabra se está dando cuenta de la cualidad de productivo que presente algo.

También, el término es empleado para referir la capacidad o guardo de producción por unidad de trabajo, de superficie de tierra cultivada, de equipo industrial, entre otros.

2.3.11 Gestión productiva. (Díaz, A., 1993)

Plantea que “la gestión de la producción se ha convertido en un arma fundamental para la mejora de la competitividad en las que se hallan inmersas la mayoría de las empresas.

Es necesario disminuir el nivel de existencias, hay que realizar una mejor planificación, es preciso conseguir para la empresa una imagen de calidad... son frases que continuamente pueden escucharse en los despachos de dirección”.

Este autor expone , que la división de trabajo en una empresa origina organizaciones internas o subsistemas de gestión como Producción, Marketing, Financiera y otras como el departamento de Tecnología, Recursos Humanos, Sistemas. Además contempla la gestión de la producción como un problema económico siendo un proceso de determinación de una acción concreta de entre un conjunto de alternativas. Analiza que son muchos los conceptos y problemas con los que está asociada la gestión de la producción por las relaciones e interrelaciones del sistema productivo y el resto de funciones tales como: técnicas de gestión de proyectos, gestión y control, planificación de la producción, gestión del mantenimiento.

Por otra parte la Gestión de la Producción es un conjunto de responsabilidades y de tareas que deben ser satisfechas para que las operaciones de la producción sean realizadas respetando las condiciones de calidad, plazo y costo que se desprenden de los objetivos de la empresa.

2.3.12 Objetivos de la Gestión de la Producción. (Palacios, L., 2009)

- Conseguir que se entreguen los productos en las cantidades, fecha y calidad requerida.
- Conseguir que estos productos se fabriquen dentro de los costos previstos y estos sean mínimos.
- Crear un procedimiento rutinario de forma que se minimicen los roces y conflictos interpersonales e interdepartamentales.

2.3.13 Funciones de Gestión de la Producción. (Palacios, L., 2009)

Planificación: Para entregar los productos en los plazos acordados, primero hay que calcular qué recursos y qué cantidad se necesita, a continuación hay que estimar una fecha de ejecución, todo esto se resume en un presupuesto de gasto.

Control: Para saber si estamos cumpliendo con el programa y manteniéndonos dentro de los costes, hay que supervisar el comportamiento de existencias, proveedores, mano de obra y máquinas, para lo que hay que establecer unos índices de control relevantes.

Seguimiento: Para poder efectuar el control se necesita información, una documentación que se rellene con la información pertinente en el momento oportuno.

La Gestión de la Producción trata de enfoques logísticos, los cuales son utilizados por organizaciones de clase mundial como ventaja competitiva, en su evolución histórica se ha parcializado con determinados criterios y conceptos que para el momento en que fueron utilizados elevaron la eficiencia y eficacia de los operadores.

2.3.14 OEE y su relación con el TPM. (Render, B., 2009)

El OEE mide la efectividad de las máquinas y líneas a través de un porcentaje, que es calculado combinando tres elementos asociados a cualquier proceso de producción:

- Disponibilidad: tiempo real de la máquina produciendo
- Rendimiento: producción real de la máquina en un determinado periodo de tiempo.
- Calidad: producción sin defectos generada

Al mismo tiempo, el OEE analiza y califica los diferentes tipos de pérdidas que pueden producirse en un proceso productivo. Esta clasificación proviene de la misma manera del TPM, en el que se definen “Seis Grandes Pérdidas”. Estas pérdidas hacen reducir el tiempo efectivo de proceso y la producción óptima a alcanzar.

2.3.15 Disminución de Disponibilidad. (Render, B., 2009)

Pérdidas de Tiempo:

La pérdida de tiempo se define como el tiempo durante el cual la máquina debería haber estado produciendo pero no lo ha estado: Ningún producto sale de la máquina. Las pérdidas son:

Averías (Primera Pérdida):

Un repentino e inesperado fallo o avería genera una pérdida en el tiempo de producción. La causa de esta disfunción puede ser técnica u organizativa (por ejemplo; error al operar la máquina, mantenimiento pobre del equipo). El OEE considera este tipo de pérdida a partir del momento en el cual la avería aparece.

Esperas (Segunda Pérdida):

El tiempo de producción se reduce también cuando la máquina está en espera. La máquina puede quedarse en estado de espera por varios motivos, por ejemplo; debido a un cambio, por mantenimiento, o por un paro para ir a merendar o almorzar. En el caso de un cambio, la máquina normalmente tiene que apagarse durante algún tiempo, cambiar herramientas, útiles u otras partes. La técnica de SMED (en inglés Single Minute Exchange of Die; en español técnica de paradas al estilo fórmula uno para realizar un abastecimiento/cambios necesarios) define el tiempo de cambio como el tiempo comprendido entre el último producto bueno del lote anterior y el primer producto bueno del nuevo lote. Para el OEE, el tiempo de cambio es el tiempo en el cual la máquina no fabrica ningún producto.

2.3.16 Disminución de Rendimiento. (Render, B., 2009)

Pérdidas de Velocidad: Una pérdida de velocidad implica que la máquina está funcionando pero no a su velocidad máxima. Existen dos tipos de pérdidas de velocidad:

Micro paradas (Tercera Pérdida):

Cuando una máquina tiene interrupciones cortas y no trabaja a velocidad constante, estas micro paradas y las consecuentes pérdidas de velocidad son generalmente causadas por pequeños problemas tales como bloqueos producidos por sensores de presencia o agarrotamientos en las cintas transportadoras. Estos pequeños problemas pueden disminuir de forma drástica la efectividad de la máquina.

En teoría las micro paradas son un tipo de pérdida de tiempo. Sin embargo, al ser tan pequeñas (normalmente menores de 5 minutos) no se registran como una pérdida de tiempo.

Velocidad Reducida (Cuarta Pérdida):

La velocidad reducida es la diferencia entre la velocidad fijada en la actualidad y la velocidad teórica o de diseño. En ocasiones hay una considerable diferencia entre lo que los tecnólogos consideran que es la velocidad máxima y la velocidad máxima teórica. En muchos casos, la velocidad de producción se ha rebajado para evitar otras pérdidas tales como defectos de calidad y averías. Las pérdidas debidas a velocidades reducidas son por tanto en la mayoría de los casos ignoradas o infravaloradas.

Pérdidas de Calidad (Disminución de Calidad):

La pérdida de calidad ocurre cuando la máquina fabrica productos que no son buenos a la primera. Se pueden diferenciar dos tipos de pérdidas de calidad:

Deshechos (Scrap) (Quinta Pérdida):

Deshechos son aquellos productos que no cumplen los requisitos establecidos por calidad, incluso aquellos que no habiendo cumplido dichas especificaciones inicialmente puedan ser vendidos como productos de calidad menor. El objetivo es “cero defectos”. Fabricar siempre productos de primera calidad desde la primera vez.

Un tipo específico de pérdida de calidad son las pérdidas en los arranques. Estas pérdidas ocurren cuando:

- Durante el arranque de la máquina, la producción no es estable inicialmente y los primeros productos no cumplen las especificaciones de calidad;
- Los productos del final de la producción de un lote se vuelven inestables y no cumplen las especificaciones;
- Aquellos productos que no se consideran como buenos para la orden de fabricación y, consecuentemente, se consideran una pérdida.

Normalmente este tipo de pérdidas se consideran inevitables. Sin embargo, el volumen de estas puede ser sorprendentemente grande.

Retrabajo (Sexta Pérdida):

Los productos retrabajados son también productos que no cumplen los requisitos de calidad desde la primera vez, pero pueden ser reprocesados y convertidos en productos de buena calidad. A primera vista, los productos retrabajados no parecen ser muy malos, incluso para el operario pueden parecer buenos. Sin embargo, el producto no cumple las especificaciones de calidad a la primera y supone por tanto un tipo de pérdida de calidad (al igual que ocurría con el scrap).

2.3.17 “Medir es Conocer”. (Render, B., 2009)

Debido a que se ha visto que la producción diaria no se corresponde con la situación ideal, es necesario mostrar las desviaciones y buscar la forma de eliminarlas. El conseguir y obtener de forma clara las Seis Grandes Pérdidas – la diferencia entre la situación ideal y la actual – es por tanto el primer paso para empezar a mejorar. Al utilizar una metodología estandarizada para medir las Seis Grandes Pérdidas, los tecnólogos pueden centrar su atención en las mismas para su eliminación ya que una vez conocidas no serán admisibles.

La mayoría de los sectores industriales utilizan métodos de medición para su maquinaria destinada a la producción. Cantidades como el tiempo disponible, las unidades producidas, y algunas veces las velocidad de producción suelen ser el objeto de estas mediciones. Estos métodos son herramientas útiles para aquellos que desean conocer qué produce la máquina.

El TPM trabaja de modo diferente; el TPM no persigue sólo conocer qué ha producido la máquina, sino también que podría haber producido. Este es el motivo por el cual se buscan las pérdidas ocultas.

2.3.18 Objetivo del OEE. (Render, B., 2009)

Medir el OEE (la Eficiencia Global de Equipo) es una herramienta simple pero poderosa con la que podemos obtener una valiosa información sobre lo que está ocurriendo en la actualidad. El OEE ayuda a los operarios ya que, al reflejar en un documento la evolución de las pérdidas de la máquina, promueve las acciones hacia su eliminación.

2.3.19 Resultados del OEE. (Render, B., 2009)

El cálculo del OEE genera información diaria sobre el nivel de efectividad de una máquina o conjunto de máquinas. Además, identifica en cuál o cuáles de las “Seis Grandes Pérdidas” se debe centrar el análisis y solución en orden de prioridad. El OEE no es sólo un indicador con el que medir el rendimiento de un sistema productivo, sino que es un instrumento importante para realizar mejoras específicas una vez que ya hemos priorizado las pérdidas.

2.3.20 Implicación del equipo de producción. (Render, B., 2009)

La efectividad de un equipo afecta en primer lugar a los operarios de producción de la planta. Por tanto, ellos son los primeros que deben implicarse en entender y calcular el OEE así como en planificar e implementar las mejoras en la máquina para ir reduciendo de forma continua las pérdidas de efectividad.

Efectos sobre los operarios

Al ir midiendo el rendimiento diariamente el operario:

- Se familiariza con los aspectos técnicos de la máquina y la forma en la que procesa los materiales
- Focaliza su atención en las pérdidas;

Empieza a desarrollar un sentimiento cada vez más fuerte de propiedad con su máquina.

Efectos sobre los supervisores

Al ir trabajando con los datos del OEE el Supervisor o Jefe de Planta o Taller

- Va aprendiendo con lujo de detalles la forma en que sus máquinas procesan los materiales;
- Va siendo capaz de dirigir indagaciones sobre donde ocurren las pérdidas y cuáles son sus consecuencias;
- Va siendo capaz de dar información a sus operarios y a otros empleados implicados en el proceso de mejora continua de las máquinas;
- Va siendo capaz de informar a sus superiores sobre el estado en que se encuentran sus máquinas y los resultados de las mejoras realizadas en ellas.

2.3.21 Fórmula y Forma de cálculo de OEE. (Render, B., 2009)

Para analizar la fórmula y forma de cálculo de OEE primero se obtienen tres ratios:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{\text{tiempo operativo}}{\text{tiempo disponible}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producción total real}}{\text{Producción teórica en el tiempo operativo}} * 100$$

$$\text{Calidad} = \frac{\text{Producción aprobada}}{\text{Producción total real}} * 100$$

$$\text{OEE} = \text{Disponibilidad} \times \text{Eficiencia} \times \text{Calidad}$$

Para explicar la fórmula de cálculo se aplicarán las fórmulas antes mencionadas después de obtener los datos necesarios para cada una de ellas.

2.3.22 Metodología OEE en un Proceso Industrial. (Render, B., 2009)

En un caso práctico de aplicación de este sistema se explica los aspectos técnicos más importantes del OEE, durante su proceso de implementación en una línea de producción

Paso No.1. Definir la capacidad instalada por modelo y tamaño

Es necesario establecer la capacidad de la máquina de acuerdo a cada modelo, diseño y tamaño con el fin de tener metas establecidas para la remuneración por OEE. También se desea identificar, medir y cuantificar las principales causas de ineficiencia para poder mejorarlas.

Paso No.2. Capturar Información

La captura de información se lleva a cabo mediante un formato. Este formato permite capturar información a nivel operativo, es decir lo llena el operador y le sirve también para monitorear su desempeño. En este formato el operador debe de indicar la cantidad producida real por hora y analizarla contra la cantidad teórica que debió de haber producido. Luego, en un espacio asignado dentro del formato, debe de indicar porque razón no llegó a la cantidad estipulada por el formato de capacidad instalada.

La información que se necesita obtener es para:

- Medir la productividad de cada estación de trabajo en cada turno.
- Desplegar estos resultados visualmente en cada área para retroalimentar a los operadores de su desempeño.
- Que las principales causas de ineficiencia estén identificadas e integradas al plan de mejora continua.
- Que se tomen medidas correctivas generando resultados reales.

Paso No.3. Calculo del OEE

El cálculo del OEE puede realizarse en un programa especializado o en su defecto en una hoja electrónica de Excel donde se simule el cálculo de este indicador. El desarrollo de la simulación en Excel es más práctico y económico; sin embargo los programas especializados tienen más herramientas que enriquecen al cálculo del OEE. La información que debe de ser ingresada es la relacionada a los tres grandes elementos asociados a un proceso de producción: disponibilidad, rendimiento y calidad.

2.3.23 Clasificación OEE. (Render, B., 2009)

El valor del OEE permite clasificar una o más líneas de producción, o toda una planta, con respecto a las mejores de su clase y que ya han alcanzado el nivel de excelencia. De esta manera se tiene la siguiente clasificación.

Tabla 1 Valoración del OEE

PORCENTAJES	CALIFICACIÓN	CARACTERÍSTICA
OEE < 65%	Inaceptable	Se producen importantes pérdidas económicas. Muy baja competitividad.
65% < OEE < 75%	Regular.	Aceptable sólo si se está en proceso de mejora. Pérdidas económicas. Baja competitividad.
75% < OEE < 85%	Aceptable	Continuar la mejora para superar el 85 % y avanzar hacia la World Class. Ligeras pérdidas económicas. Competitividad ligeramente baja.
85% < OEE < 95%	Buena	Entra en Valores World Class. Buena competitividad
OEE > 95%	Excelencia	Valores World Class. Excelente competitividad.

Fuente: Libro Principios de Administración de Operaciones

Elaborado por: Render, Barry

Paso No.4. Procesamiento de Datos

Este paso consiste en la obtención y tabulación de los resultados de OEE y de las causas de ineficiencias (obtenido en el formato de captura de información) a lo largo de un período específico. La tabulación de esta información se puede realizar por operario o por estación de trabajo. Para este caso en particular de ACINDEC se realizó por operario. Este paso es crucial, ya que a partir de aquí se identifican las principales fuentes de ineficiencia de una estación de trabajo que inciden directamente en el resultado de OEE de un operario. Al final del período en estudio se grafican los resultados de OEE y los

resultados de las causas de ineficiencias, esto con el objetivo de analizar la tendencia del OEE a lo largo del tiempo de acuerdo con el comportamiento de las causas de ineficiencias registradas.

Paso No. 5. Planteamiento de propuestas para mejorar la productividad

Derivado del análisis de las principales causas de ineficiencias del paso anterior, se da el planteamiento de las propuestas para mejorar la productividad de la operación analizada. Para este caso en particular las principales causas de ineficiencia fueron: el abastecimiento de las máquinas (15%), el operador había tomado el control sobre el proceso (65%), el desabastecimiento (5%) y paros por problemas mecánicos (15%).

Las mejoras propuestas fueron:

- Manejar un programa de abastecimiento de máquinas estratégico, con el apoyo de operario comodín (de abastecedor constante) con el fin de que la máquina no detenga su producción.
- Mejorar la seguridad, el orden y la limpieza de las áreas de soldadura, pintura, barolado y granallado.

Paso No. 6. Obtención de Resultados

Los resultados obtenidos luego de haber aplicado las mejoras propuestas fueron muy positivos en términos del mejoramiento de la productividad. Tras haber adoptado un sistema de abastecimiento al estilo Pits Stop (paradas de abastecimiento al estilo de fórmula 1), los colaboradores saben ya que hacer en el momento crítico de abastecimiento o cambio de materiales, con el objetivo de perder el menor tiempo posible. Antes de la aplicación del OEE el tiempo de abastecimiento de la máquina era de hasta 90 minutos, luego de haber aplicado la herramienta el tiempo de abastecimiento se redujo a 20 minutos.

2.3.24 Conclusiones Generales sobre la gestión del OEE. (Render, B., 2009)

- El OEE es una herramienta de fácil manejo, con un lenguaje y definiciones accesibles para todos los operarios y tecnólogos que proporciona información sobre el nivel de efectividad de una máquina específica o una línea de producción

y al referenciar la efectividad de la máquina con el máximo absoluto de disponibilidad, velocidad y calidad podemos focalizarnos íntegramente en las pérdidas y con ello en el potencial de mejora existente y al multiplicar los tres componentes se convierte en un indicador que refleja el cociente entre lo que estamos fabricando y lo que en teoría deberíamos estar fabricando durante un periodo de tiempo concreto

- Los turnos de trabajo pueden influir sobre el OEE porque la información referida a las pérdidas permite a los turnos de planta iniciar mejoras específicas y enfocadas a los problemas detectados y por tanto guiar el OEE a la disminución del costo de producción sobre la base de la disminución o erradicación de las pérdidas y de este modo, los resultados de todas estas mejoras quedan reflejados en la evolución del OEE.
- El OEE es un indicador fiable debido a que su cálculo no puede ser corrompido. Una vez que los estándares han sido establecidos, no tiene sentido dar información incorrecta. Cada uno de los tres factores que lo componen pueden ser alterado, pero el OEE permanece estable (ya que siempre lo podemos calcular como el ratio entre las piezas buenas obtenidas y las piezas que teóricamente deberíamos haber obtenido en el espacio de tiempo considerado). Los equipos de producción sólo podrían ocultar al proporcionar información errónea qué pérdida es la mayor y/o que mejoras tendrán el efecto deseado.

2.3.25 Elementos. (Heizer, J., 2009)

El ratio de disponibilidad refleja el tiempo durante el cual la máquina está fabricando, comparado con el tiempo que podría haber estado fabricando productos. Un ratio de disponibilidad menos de un 100% indica que tenemos pérdidas de tiempo: averías, esperas y restricciones de línea.

El ratio de rendimiento refleja qué ha producido la máquina, comparado con lo que teóricamente podría haber producido (es decir, la producción que deberíamos obtener si la máquina funcionase a la velocidad máxima teórica durante el tiempo de

funcionamiento actual). Un ratio de rendimiento menor de una 100% indica que tenemos pérdidas de velocidad: microparadas y velocidad reducida.

El ratio de calidad refleja los productos buenos que hemos obtenido, comparado con el total de productos que hemos fabricado.

Un ratio de calidad menor de un 100% indica que tenemos pérdidas de calidad: scrap (deshecho) y retrabajos, así como pérdidas en el arranque de máquina.

2.3.26 Estudio de métodos, movimientos y tiempos. (Heizer, J., 2009)

Por su trabajo se espera de un Administrador de Operaciones su eficiencia, eficacia y productividad en el mejoramiento de los rendimientos en las empresas. Notándose que las causas que afectan los rendimientos en los resultados, son muy variadas, por consiguiente descubrirlas, modificarlas, combinarlas o eliminarlas, con el fin de conseguir resultados representa su tarea principal puesta al servicio de una organización.

Tal responsabilidad debe ser conocida y entendida por los profesionales y aspirantes de esta rama de la ingeniería para tener éxito en su trabajo.

Dentro de las variantes que pueden afectar el rendimiento encontramos:

- Procedimientos de ejecución.
- Equipo y herramientas utilizadas.
- Localización de los lugares que deben interrelacionarse.
- Puestos de trabajo
- Preparación de actividades.
- Abastecimientos oportunos.
- Tipo de dirección.
- Calidad de los ejecutantes.
- Movimientos.
- Ambiente.
- Retribuciones percibidas.

En nuestro medio es usual encontrar formas ineficientes de trabajo, ya sea en la totalidad de un proceso o en parte del mismo, lo que causa problemas pues es una fuente de ineficiencia, para mejorar se debe:

- Aprovechar experiencias de estudios anteriores de industriales y de investigadores.
- Provocar y ordenar la aplicación del sentido común de los participantes.
- Buscar causas de métodos ineficientes.
- Eliminarlas
- Diseñar nuevos métodos
- Sustituir y prevenir dificultades inherentes a la implantación de los cambios.

Todo esto viene a ser el contenido propio del ciclo “Métodos de trabajo”.

El estudio de métodos comprende las técnicas y teorías modernas para lograr cambios.

2.3.27 Aplicaciones de métodos

Ilustración 4: Aplicación de métodos



Fuente: PALACIOS, L., Ingeniería de Métodos, movimientos y tiempos. Agosto 2009

Elaborado por: Luis Carlos Palacios Acero

Su enfoque es de ingeniería y de diseño para generar reducción de costos y simplificación del trabajo, para aplicarlo es necesario familiarizarse con la estadística, el muestreo, la investigación, los movimientos y los tiempos.

Los métodos de trabajo, presentes en toda actividad industrial no se diferencian en propósitos ni en tipo de actividad, sino en la forma de desarrollar esa actividad, la forma de descubrir el origen de los problemas se pueden apreciar en:

Suficiente agudeza para descubrir métodos deficientes calificados como buenos por los encargados de hacerlo.

- Necesidad de eliminar inconvenientes en una actividad.
- Aumentar el ritmo de producción.
- Mejorar las condiciones de trabajo del trabajador.
- Diseñar métodos de nuevas actividades.

El estudio de tiempos va íntimamente ligado al de métodos, porque una mejora en los procedimientos será imposible si no se complementa con un estudio de tiempos, comparando las ventajas derivadas del cambio con el costo que dicho cambio conlleva.

2.3.28 Administración de proyectos. (Render,B., 2009)

En toda organización surgen continuamente problemas, necesidades y oportunidades.

Problemas tales como la baja eficacia operativa, necesidades como el espacio y la generación de nuevas oportunidades. Estos problemas, necesidades y oportunidades dan lugar a la búsqueda e identificación de soluciones. La aplicación de tales soluciones entraña un cambio en la organización, en general, los proyectos se han establecido para efectuar este cambio y siempre hay alguien responsable de la finalización satisfactoria de cada proyecto.

Es decir que Administración de Proyectos es un proceso que consiste en establecer primero un plan e implementarlo después para alcanzar un objetivo. Un proyecto no podrá ser realizado con éxito si no se dedica tiempo a elaborar un plan cuidadosamente.

Para que un proyecto sea bien elaborado se debe tomar en cuenta:

- Que tenga un objetivo perfectamente definido.
- Un proyecto se efectúa en una serie de actividades independientes.
- En un proyecto se recurre a varios recursos.
- Un proyecto tiene un marco temporal específico.
- Puede ser una acción simple o puede abarcar un conjunto de acciones complejas.
- Un proyecto empresarial siempre tiene un cliente.

En un proyecto se contemplan:

El alcance del proyecto: Es el trabajo que se realiza para que la demanda sea satisfecha.

El costo: Debe ser aceptable para el cliente y otorgar utilidad al proveedor.

El programa: Es el cronograma que especifica el inicio y la culminación de las actividades.

2.3.29 JIT y Operaciones Estables. (Render, B., 2009)

JIT Significa hacer solo aquello que se necesita, cuando se necesita. JIT proporciona un excelente vehículo para encontrar y eliminar problemas, porque estos son fáciles de encontrar en un sistema que no tiene sobrantes. Cuando se elimina el inventario en exceso, los problemas de calidad, distribución, programación y proveedores se hacen evidentes de inmediato al igual que la producción excesiva.

2.3.30 Administración de Recursos Humanos. (Chiavenato, I., 1999)

Las habilidades y competencias que poseen las personas son la base principal en una organización según el nuevo enfoque de la gestión de Talento Humano, de tal manera que las personas dejan de ser simples recursos organizacionales y son consideradas seres inteligentes con personalidad, conocimientos, habilidades, competencias, aspiraciones y percepciones singulares, son los nuevos asociados de la organización.

2.3.31 Estrategias de operaciones en un entorno global. (Render, B., 2009)

Diseño de bienes y administración de calidad: La selección del producto es la elección del bien o servicio que se le proporcionara a los clientes.

Los productos nacen, viven y mueren. La sociedad cambiante los hacen a un lado, la vida del producto se divide en 4 fases:

- Introducción
- Crecimiento
- Madurez
- Declinación

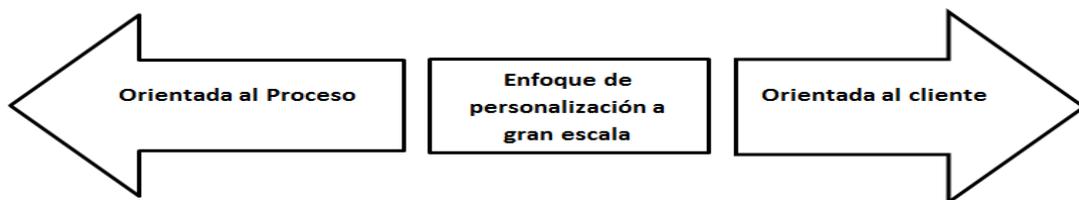
El ciclo de vida de un producto puede ser cuestión de solo horas (por ejemplo un periódico), meses (modas de temporada), años (por ejemplo videocasete), o décadas (Los Volkswagen)

Independientemente de la duración del ciclo de vida del producto, la tarea del administrador de operaciones es la misma: Diseñar un sistema que ayude a introducir los nuevos productos con éxito en los mercados a los que se quiere llegar.

b. Estrategia del proceso:

En primer lugar es importante destacar que las estrategias de procesos siguen un continuo perfeccionamiento y es perfectamente posible encontrar dentro de una compañía varias estrategias aplicadas de forma simultánea. Luego, las estrategias de procesos se clasifican básicamente en:

Ilustración 5: Estrategia del proceso



Fuente: Teoría de enfoque de producción

Elaborado por: Heizer Jay

2.3.32 Estrategia Orientada al Proceso. (Heizer, J., 2009)

Los distintos departamentos se organizan por proceso, agrupando aquellos que son similares. Se caracterizan por un volumen de producción relativamente bajo, no obstante tienen la flexibilidad para ofrecer una gran variedad de productos.

2.3.33 Enfoque de personalización a gran escala. (Render, B., 2009)

La empresa al emplear este enfoque presta importancia a lo que solicita el cliente para evitar fallas en la planificación y en la especificación de la orden de trabajo.

2.3.34 Orientada al cliente. (Render, B., 2009)

Al estar orientadas a la petición del cliente se busca un acuerdo inicial donde se determina cada detalle del producto final tanto en precio como en sus características específicas para evitar inconformidad y pérdida en costos.

2.3.35 OEE: Eficiencia General de los Equipos. (Render, B., 2009)

La definición de Gestión indica que viene del latín *gestiō*, el concepto de gestión hace referencia a la acción y a la consecuencia de administrar o gestionar algo. Al respecto, hay que decir que gestionar es llevar a cabo diligencias que hacen posible la realización de una operación comercial o de un anhelo cualquiera. Administrar, por otra parte, abarca las ideas de gobernar, disponer, dirigir, ordenar u organizar una determinada cosa o situación.

2.3.36 Gestión productiva basada en el OEE: eficiencia general de los equipos ó Overall Equipment Efficiency

OEE (Render, B 2009) manifiesta que:

En inglés: Overall Equipment Effectiveness

En español: Eficiencia Global de los Medios de Producción

Es el cociente entre:

El número de piezas fabricadas y el número de piezas que se podrían haber fabricado en el tiempo planificado para producción.

El OEE es el producto de los tres coeficientes:

OEE = Disponibilidad x Eficiencia x Calidad (Render, B 2009) explica que:

Es una razón porcentual que sirve para medir la eficiencia productiva del operador industrial. Esta herramienta también es conocida como TTR (Tasa de Retorno Total) cuando se utiliza en centros de producción de proyectos.

Nos encontraremos con factores ajenos a las máquinas que afectan al resultado del OEE. Es por esto que es importante indagar en el porqué de las variaciones del OEE antes de tomar medidas correctoras.

2.3.37 La importancia del OEE. (Render, B., 2009)

Es importante porque la empresa realiza grandes inversiones en compra de maquinaria y contratación del personal de operación y no se ve reflejado un decremento en el tiempo estimado de trabajo, ni un eficiente nivel de retorno de la inversión.

2.3.38 Variables. (Render, B., 2009)

Las variables que intervienen en la aplicación de un OEE son los porcentajes de producción tanto satisfactoria como la que no cumple las expectativas, es decir unidades rechazadas; además de los márgenes de tiempo en los cuales se considera el desempeño de las actividades en estudio.

2.3.39 Tiempo normal de trabajo (Render,B 2009)

Es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número de observaciones, el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

2.3.40 Tiempo parada planificada (Render,B 2009)

Se define como Parada Planificada el periodo de tiempo, previamente establecido, durante el que un servicio no estará disponible. Normalmente será para realizar operaciones de mantenimiento, actualizaciones y pruebas, para almuerzos o planificación de actividad. Es la planificación de tiempo que se resta del tiempo normal de trabajo.

2.3.41 Tiempo ajustes y averías (Render,B 2009)

Aunque se hacen los máximos esfuerzos para evitarlo, a veces pueden concurrir circunstancias inesperadas que hacen necesario parar algún servicio o sistema con más premura de lo habitual, implicando muchos menos tiempo de antelación para la notificación, aunque sí habrá una estimación de la duración de la parada.

2.3.42 Despilfarro. (Gestiopolis 2016)

Podemos definir como despilfarro todo aquel recurso que empleamos de más respecto a los necesarios para producir bienes o la prestación de un determinado servicio y son sobreproducción, tiempo, transporte, procesos, inventario, movimiento, defectos.

2.3.43 Optimización. (Gestiopolis 2016)

La palabra “optimizar” se refiere a la forma de mejorar alguna acción o trabajo realizada, esto nos da a entender que la optimización de recursos es buscar la forma de mejorar el recurso de una empresa para que esta tenga mejores resultados, mayor eficiencia o mejor eficacia.

2.3.44 Unidades producidas (Render, B 2009)

Se utiliza para depreciar la maquinaria y el equipo, los vehículos, monta cargas, etc., ya que es común que estos activos se desgasten en función de las unidades que producen, es decir, entre más sean las unidades producidas o las horas de servicio, mayores serán los ingresos generados.

2.3.45 Capacidad instalada (Render, B 2009)

La capacidad instalada es el potencial de producción o volumen máximo de producción que una empresa en particular, unidad, departamento o sección, puede lograr durante un período de tiempo determinado, teniendo en cuenta todos los recursos que tienen disponibles, sea los equipos de producción, instalaciones, recursos humanos, tecnología, experiencia/conocimientos, etc. Es importante señalar que el hecho de estar cerca de la capacidad instalada no significa necesariamente que todos los recursos están cerca de su capacidad máxima

2.3.46 Unidades aprobadas (Render, B 2009)

Es una unidad que fue producida, no tiene defecto alguno y es aceptada sin requerir reproceso ni algún tipo de tratamiento extra por parte de los operadores, para su presentación y uso final.

2.3.47 Tiempo operativo (Render, B 2009)

Es el tiempo durante el cual la planta está produciendo a un ritmo de producción estándar, es el total de tiempo que el trabajador permanece en la planta descontado el tiempo de ajustes y averías. Las pérdidas de rendimiento en tiempo consiste en pérdidas de producción normal (reducción de la tasa de producción debido a la puesta en marcha, parada y cambio), y las pérdidas anormales de producción (la reducción de la tasa de producción debido a las anomalías).

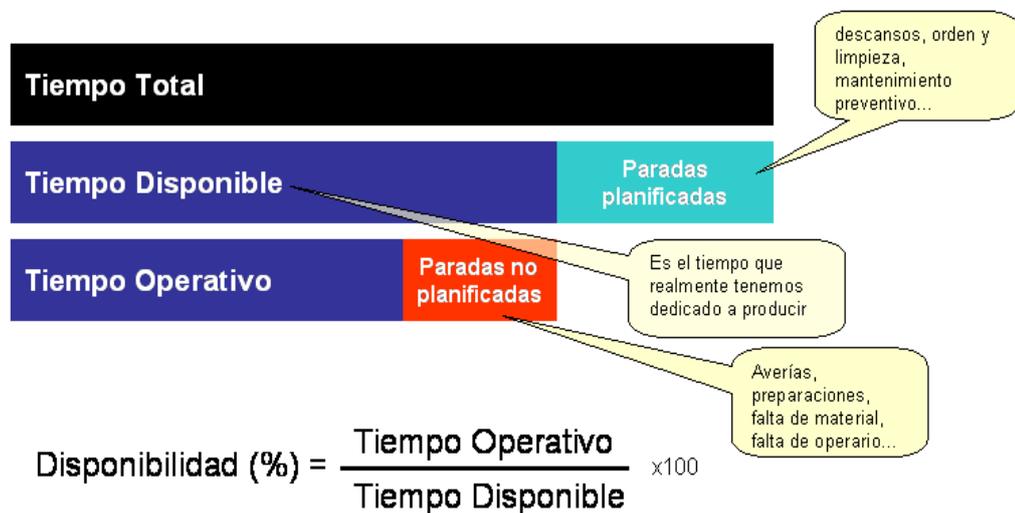
2.3.48 Tiempo operativo real (Render, B 2009)

Es el tiempo real de trabajo descontando paradas planificadas, ajustes y averías, solo se considera el tiempo neto de generación de valor agregado, es decir anulando todo tiempo que no corresponda a trabajo

La Disponibilidad resulta de dividir el tiempo que el operador ha estado produciendo (**Tiempo de Operación: TO**) por el tiempo que el operador podría haber estado produciendo. El tiempo que el operador podría haber estado produciendo (**Tiempo Planificado de Producción: TPO**) es el tiempo total menos los periodos en los que no estaba planificado producir por razones legales, festivos, almuerzos, mantenimientos programados, etc., lo que se denominan Paradas Planificadas

La forma de calcular cada uno de ellos es sencilla.

Ilustración 6: Disponibilidad



Fuente: Leanroots

Elaborado por: Instituto Tecnológico Metalmecánico (AIMME)

2.3.49 Rendimiento: (Render, B 2009)

Incluye

Pérdidas de velocidad por pequeñas paradas.

Pérdidas de velocidad por reducción de velocidad.

El Rendimiento resulta de dividir la cantidad de piezas realmente producidas por la cantidad de piezas que se podrían haber producido. La cantidad de piezas que se podrían

haber producido se obtiene multiplicando el tiempo en producción por la capacidad de producción nominal del operador.

2.3.50 Capacidad Nominal, (Render, B 2009)

Machine Capacity, Nameplate Capacity, Ideal Run Rate, Theoretical Rate: Es la capacidad de la máquina/línea declarada en la especificación (DIN 8743). Se denomina también Velocidad Máxima u Óptima equivalente a Rendimiento Ideal (Máximo / Óptimo) de la línea/máquina. Se mide en Número de Unidades / Hora En vez de utilizar la Capacidad Nominal se puede utilizar el Tiempo de Ciclo Ideal.

2.3.51 Tiempo de Ciclo Ideal (Render, B 2009)

Ideal Cycle Time, Theoretical Cycle Time: Es el mínimo tiempo de un ciclo en el que se espera que el proceso transcurra en circunstancias óptimas.

Tiempo de Ciclo ideal = 1/Capacidad Nominal

La Capacidad Nominal o tiempo de Ciclo Ideal, es lo primero que debe ser establecido.

El Rendimiento es un valor entre 0 y 1 por lo que se suele expresar porcentualmente.

Resulta de la comparación del rendimiento de la capacidad instalada contra el tiempo trabajado y las unidades producidas.

Ilustración 7: Eficiencia



Fuente: Leanroots

Elaborado por: Instituto Tecnológico Metalmecánico (AIMME)

2.3.52 Calidad:

Incluye

Pérdidas por Calidad.

Disminuye la pérdida de velocidad. El tiempo empleado para fabricar productos defectuosos deberá ser estimado y sumado al tiempo de Paradas, Downtime, ya que durante ese tiempo no se han fabricado productos conformes.

Por tanto, la pérdida de calidad implica dos tipos de pérdidas:

Pérdidas de Calidad, igual al número de unidades mal fabricadas.

Pérdidas de Tiempo Productivo, igual al tiempo empleado en fabricar las unidades defectuosas.

Y adicionalmente, en función de que las unidades sean o no válidas para ser reprocesadas, incluyen:

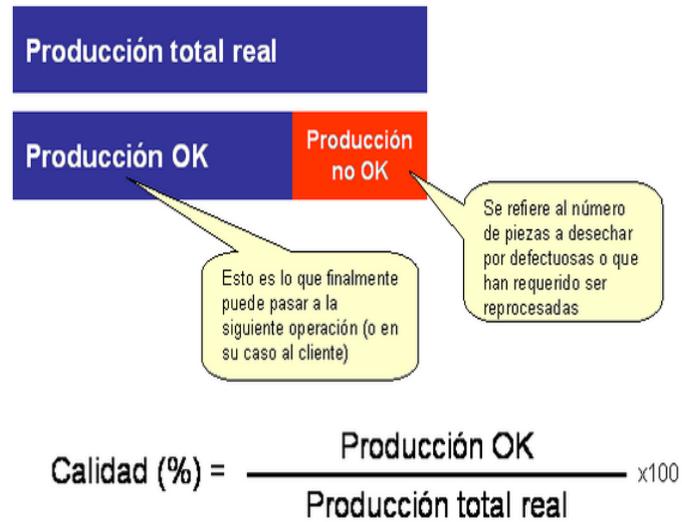
Tiempo de reprocesado.

Coste de tirar, reciclar, etc. las unidades malas.

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

$$\text{N}^{\circ} \text{ de unidades Conformes Calidad} = Q = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de unidades Conformes}}{\text{N}^{\circ} \text{ unidades Totales}}$$

Ilustración 8: Calidad



Fuente: Leanroots

Elaborado por: Instituto Tecnológico Metalmecánico (AIMME)

2.3.53 Fluctuación de eficiencia (Render, B 2009)

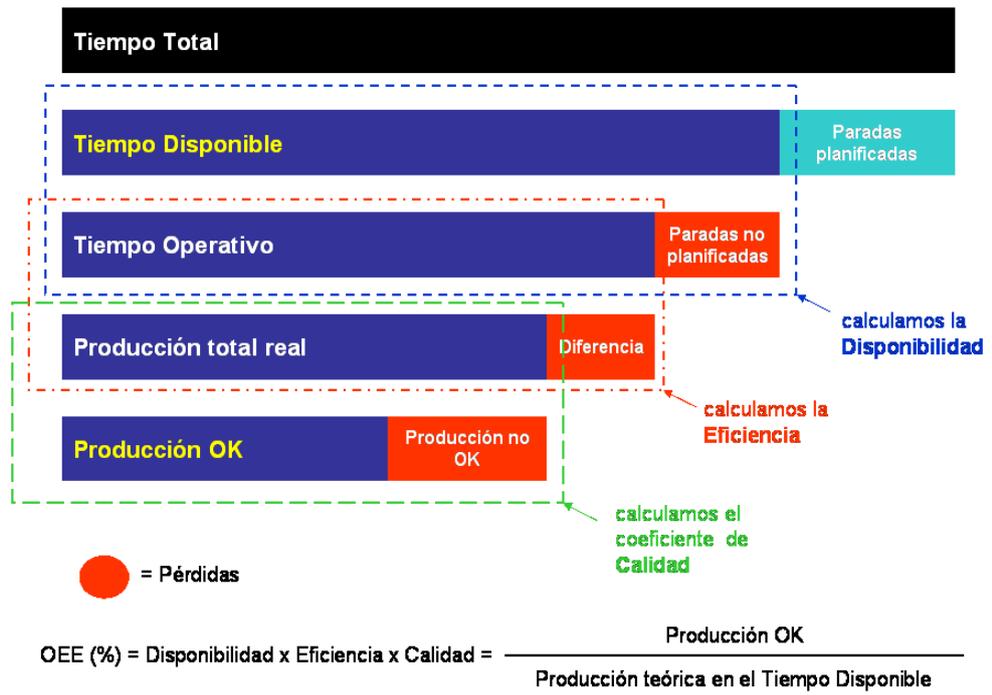
Del latín *fluctuatio*, la **fluctuación** es el acto y las consecuencias de **fluctuar**. Este verbo hace referencia a la **oscilación** (incrementar y reducir de manera alternada) o a **vacilar**. El concepto tiene distintas aplicaciones de acuerdo al **contexto**.

Fluctuación de eficiencia es el flujo de cambio entre periodos que manifiesta las diferencias de eficiencia entre días de medición de producción.

2.3.54 Variación de producción y variación de tiempos (Render, B 2009)

Gráficamente en conjuntos tendríamos.

Ilustración 9: Tiempo total

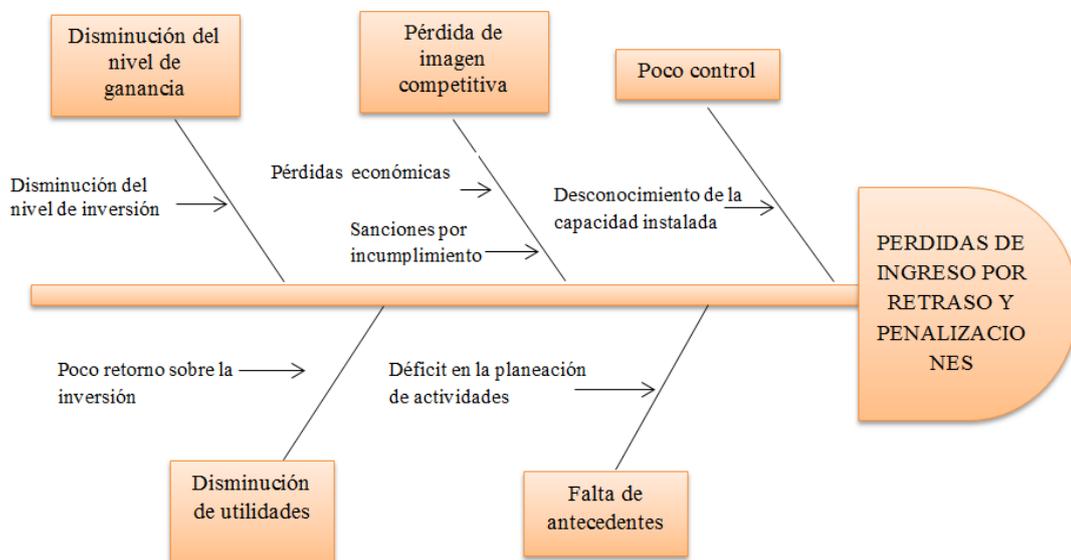


Fuente: Leanroots

Elaborado por: Instituto Tecnológico Metalmecánico (AIMME)

2.4 HIPÓTESIS

Ilustración 10: Hipótesis



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

2.4.1 Hipótesis General

El análisis e interpretación del OEE mejoraran la eficiencia de planta, equipo y operadores, encaminados a conseguir un nivel óptimo en el uso de recursos y obtener un producto de calidad y mayor retorno de inversión mediante comprobación estadística.

2.4.2 Hipótesis Específicas

El análisis del OEE mejorará la productividad de los equipos gestionando los recursos de manera adecuada

2.5 VARIABLES

2.5.1 Variable Independiente

Modelo estándar de Eficiencia General de los Equipos OEE.

Tabla 2. Variable independiente

VARIABLE INDEPENDIENTE	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Modelo estándar de Eficiencia General de los Equipos OEE.	Es la planeación, organización, dirección y control de los recursos para lograr un objetivo a corto plazo.	Estrategias de producción	Fluctuación de la producción. Fluctuación de la calidad Fluctuación del rendimiento. Fluctuación de la disponibilidad.	Ficha de observación. Encuesta.

Elaborado por: Renato Tenemaza

2.5.2 Variable Dependiente

Mejora en la planificación y uso de recursos.

Tabla 3. Variable dependiente

VARIABLE DEPENDIENTE	CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	TÉCNICA E INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN
Mejora en la planificación y uso de recursos.	Para realizar la planificación de los recursos hay que disponer de una definición del alcance y las tareas a producir, el trabajo y necesidades materiales de cada una, así como el cronograma y presupuesto disponible	OEE = Eficiencia General de los Equipos.	Los ratios obtenidos del estudio en cada área de desarrollo.	Observación Directa. Entrevistas.
Mayor retorno de inversión	Con una buena planificación y utilizando progresiones estadísticas, los recursos tiempo, humanos y materiales son mejor aprovechados evitando reprocesos,		Disminución de inversión para un proceso.	Observación de informes financieros. Análisis y optimización de informes financieros.

Elaborado por: Renato Tenemaza

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 MODALIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Para la presente tesis se utilizó un método investigativo cuasi experimental, porque se trabajó con grupos ya establecidos en el área de acero al carbono, su validez interna se precisó demostrando el nivel inicial de los grupos, así como el nivel en el proceso de trabajo mediante la aplicación del teorema de Render, estadísticas, entrevistas al personal (que no podía ser vigilado por estar en un lugar inaccesible a las cámaras y en horario nocturno), observaciones, que se analizaban y se direccionaban al instrumento de medición de los datos recopilados.

3.2 TIPOS DE INVESTIGACIÓN

- Investigación de campo

Este proyecto es de campo debido a que los datos requeridos fueron recolectados directamente del área en estudio, sin interferir en las variables.

- Comparación de medias

Es comparación de medias porque indica el nivel de relación entre las variables y los sujetos motivo de estudio, lo que demuestra la relación de varios factores que desembocan en la aplicación adecuada de los estándares del OEE

3.3 POBLACIÓN Y MUESTRA

Es el conjunto de las unidades analizadas, en este caso fueron todas las medidas tomadas en los procesos y materiales de soldadura, pintura, granallado, barolado, maquinados y personas que intervienen en el desarrollo de cada proceso.

Tabla 4 Detalle de muestras por etapas

MUESTRAS	MEDIDAS	OBSERVACIÓN
SOLDADURA	10	Para la etapa de soldadura se estableció realizar 10 mediciones porque el personal de producción consideró serían los datos suficientes para realizar un estudio fiable, debido a que en las 10 mediciones se vendría a analizar un promedio de entre quinientas a setecientas unidades de trabajo.
BAROLADO	4	Por tener poca demanda en esta área no se pudo realizar la cantidad de mediciones deseadas, por lo que se midieron todas las posibles durante el desarrollo del estudio.
MAQUINADO	15	En un inicio se planearon 10 mediciones, porque era el número estándar para cada área, pero luego de culminadas las 10 primeras se notó un pobre o casi nulo desempeño laboral, por lo que se optó hacer cinco mediciones más para conocer de mejor manera cual es su utilización real.
GRANALLADO	1	Esta etapa fue la más crítica del estudio por sus condiciones de desarrollo (horario nocturno) por lo que la recolección de datos se realizó de manera imprevista con cinco entrevista simultáneas a todos los participantes del trabajo en la que todos coincidieron en los datos.
PINTURA	10	Teniendo un margen establecido de 10 mediciones, no hubo inconvenientes en analizar las establecidas.

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

3.4 MÉTODOS, TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

Siendo el método el camino a seguir para verificar la hipótesis planteada sobre las ventajas de aplicar el OEE, se realizó un análisis de lo que sucede en la empresa en lo productivo y se encontraron requerimientos en cuanto a las capacidades de la planta, por lo que se investigó sobre la capacidad instalada, se cuantificó el tiempo real de cada actividad, se verificaron datos, se realizó la primera aplicación del OEE, luego de esto se buscaron acciones para mejorar los procesos, posteriormente se realizó un segundo OEE, con este se comprobó que mejoró el proceso, concluyendo que, primero la planificación y el desarrollo de todas las actividades recaían en manos de los supervisores y no de los colaboradores, en segundo lugar se evidenció un mayor control y menos despilfarros de tiempos.

3.4.1 Técnicas de la Investigación

Se utilizaron como técnicas la:

- **Entrevista** a los implicados en el desarrollo y/o cumplimiento de la actividad en proceso (equipo de granallado, por su horario de trabajo)
- **Observación** de las distintas actividades ejecutadas por los operadores en el uso de recursos, el proceso de ejecución y el rendimiento de los insumos.
- **comparación de medias** Es la comparación de los valores de una variable continua según los valores de una variable que se puede resumir en dos o más categorías.

3.4.2 Instrumentos

- **Entrevista**

La entrevista es la técnica que sirvió para obtener información de primera mano de los implicados en realizar las actividades, que no pueden ser registradas por el horario de cumplimiento de las mismas.

- **Observación**

La observación permitió hacer un estudio con mayor grado de fiabilidad en el área de desarrollo, pues facilitó acceder directamente a la recolección de datos de medición en forma cualitativa y cuantitativa.

3.5 RESULTADOS DE LAS ETAPAS DE PRODUCCIÓN

Luego de revisada el área de Acero al Carbono, se tomarán en cuenta como ejemplo las que con mayor frecuencia son desarrolladas en la empresa, aplicándose en todos los equipos que se encontraban en proceso:

Etapas de producción:

- Soldadura, ver anexo 11
- Barolado, ver anexo 6
- Pintura, ver anexo 13
- Maquinado, ver anexo 1
- Granallado, ver anexo 12

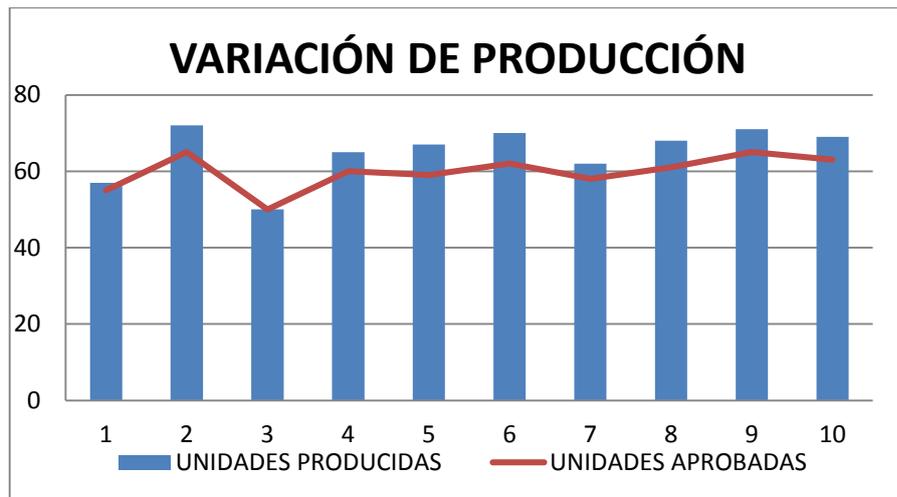
3.5.1 ETAPA 1: Soldadura

Tabla 5 Soldadura A36 38MM SMAW

SOLDADURA A36 38MM SMAW											
MÈTODO DE OBSERVACIÓN		PRESENCIAL		CÁMARAS				MIXTO			
FECHA DE ANÁLISIS		11-may	11-may	12-may	12-may	13-may	13-may	14-may	14-may	18-may	18-may
		2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771
	und	DEMORAS ADICIONALES									
MEDIA DE DEMORAS	80	10	45	72	208	44	0	0	0	0	0
CONSTANTE ALMUERZO		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
PERÍODO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. NORMAL DE TRABAJO	MIN	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
T. AJUSTES Y AVERÍAS *	MIN	90	125	152	288	124	80	80	80	80	80
T. PARADAS PLANIFICADAS **	MIN	60	60	65	126	64	99	95	81	89	92
*TODA DIFERENCIA DE 80 MUESTRA TIEMPOS ADICIONALES DE PARA											
** TODA DIFERENCIA DE 60 MUESTRA TIEMPOS EXTRA DE PLANIFICACIÓN											
UNIDADES PRODUCIDAS	IN	57	72	50	65	67	70	62	68	71	69
CAPACIDAD INSTALADA	IN/MIN	0,11	0,15	0,11	0,26	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14
UNIDADES APROBADAS	IN	55	65	50	60	59	62	58	61	65	63
CAPACIDAD PROMEDIO	0,142	IN/MIN	confiabilidad del 95,45%*								

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Ilustración 11: Variación de producción



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

ANÁLISIS

Dentro de los factores más importantes de análisis podemos tener el cálculo de los siguientes factores:

- Tiempos normal de trabajo (valor constante)
- Tiempo de ajustes y averías (cambiante acorde al trabajo)
- Tiempos de paradas planificadas (cambiante acorde a requerimientos)
- Unidades producidas/ Unidades aprobadas (cambiante acorde a producción)

A partir del análisis de estos factores podemos ver un cambio si tomamos como ejemplo solo un día de análisis (72 producidas, 65 aprobadas) en unidades producidas vemos que no se coincide ya que siempre las unidades aprobadas son inferiores a las producidas.

INTERPRETACIÓN

En la presente tabla se está demostrando la mayor cantidad de pérdidas de tiempos posibles en la producción en unidades y tiempo real de trabajo después de observaciones realizadas en forma personal, a través de cámaras y combinando ambas técnicas, se

conocieron los hábitos de los equipos que intervienen en el desarrollo del trabajo, llegando a advertir de este modo el máximo total de tiempo improductivo tolerable junto con una capacidad instalada promedio obtenida del mismo análisis.

Tabla 6 Balance de tiempo real de producción

IN/MIN		IN/DÍA			
0,1417	X	500	70,84	in/día	CAPACIDAD TEÓRICA
0,1417	X	374,6	53,07	in/día	CAPACIDAD REAL
			17,77	in/día	DIFERENCIAL

T. OPERATIVO	MIN	570	535	508	372	536	580	580	580	580	580
T. OPERACIÓN REAL	MIN	510	475	443	246	472	481	485	499	491	488
T OPERATIVO PROMEDIO	542,1	min/día	T REAL PROMEDIO	459	min/día						

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Ilustración 12: Variación real de tiempos



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

ANÁLISIS

Naturalmente el tiempo operativo siempre va a ser diferente del tiempo operativo real, debido a que el desarrollo de la actividad recae sobre factores humanos y por varios motivos tanto justificados como no, el desarrollo del trabajo no es constante, tomando en cuenta las medias de ambos factores tenemos:

Tiempo operativo: 542 minutos

Tiempo operativo real: 459 minutos

INTERPRETACIÓN

En el presente balance analizamos los tiempos y producciones reales contra los teóricos, demostrando la capacidad instalada que estamos obteniendo en pulgada/min, concluyendo que se tendrían que estandarizar los tiempos y cantidades de producción

Tabla 7 ANÁLISIS OEE

DISPONIBILIDAD		0,89	0,89	0,87	0,66	0,88	0,83	0,84	0,86	0,85	0,84
100%	%	89,47	88,79	87,20	66,13	88,06	82,93	83,62	86,03	84,66	84,14

RENDIMIENTO		0,79	1,07	0,80	1,87	1,00	1,03	0,90	0,96	1,02	1,00
100%	%	78,89	106,99	79,67	186,51	100,20	102,72	90,23	96,19	102,07	99,80

CALIDAD		0,96	0,90	1,00	0,92	0,88	0,89	0,94	0,90	0,92	0,94
	%	96,49	90,28	100,00	92,31	88,06	88,57	93,55	89,71	91,55	94,20

D X R X C		0,68	0,86	0,69	1,14	0,78	0,75	0,71	0,74	0,79	0,79
OEE		68,11	85,76	69,47	113,85	77,70	75,45	70,59	74,24	79,10	79,10
PROMEDIO OEE	%	76,58									

65-0	INACEPTABLE
65.1-75	REGULAR
75,1-85	ACEPTABLE
85,1-95	MUY BUENO
95,1	EXELENTE

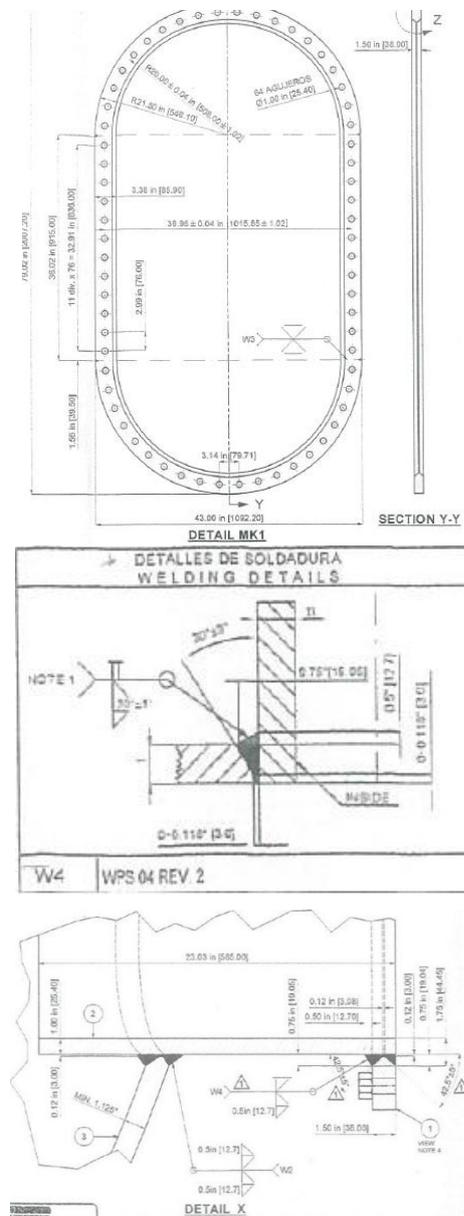
**indicador norma iso calidad/
producción

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

ANÁLISIS: en los primeros días de análisis encontramos comportamientos del oee obtenido diferentes siendo estos en dos días en los cuales no se les realiza una inspección en el área de trabajo y un con presencia en la misma por lo cual hay dos días (primero y tercero) que demuestran una pobre producción a diferencia del segundo día donde se obtiene un rendimiento muy bueno por lo demás en los siguientes días con una capacidad instalada establecida se logra precisar una media común y un aparente estándar de producción.

3.5.2 DETALLE DE TRABAJO

Ilustración 13 Detalle de trabajo



Elaborado por: ACINDEC

ANÁLISIS DE MEJORA

En la ilustración se presentan una parte de los planos aprobados, demostrando que una brida de 72 pulgadas en cada cara según el trabajo que se venía desarrollando en la planta, podía ser culminada en un plazo de 9 días, una vez aplicado el método OEE se comprobó que con una capacidad equivalente de 53 pulgadas/día tomados en cuenta la mayor cantidad de paras de proceso, esta brida debería ser entregada en 3 días.

3.5.3 ETAPA 2: BAROLADO

Tabla 8 Barolado

BAROLADO											
MEDIA DE DEMORAS	0	MIXTO									
CONSTANTE ALMUERZO		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
PERÍODO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. NORMAL DE TRABAJO	MIN	660	660	660	660	660	660	660	660	660	480
T. PARADA PLANIFICADA	MIN	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
T. AJUSTES Y AVERÍAS *	MIN	41	38	45	42	21	23	41	43	37	32
*TODA DIFERENCIA DE 0 MUESTRA TIEMPOS ADICIONALES DE PARA											
UNIDADES PRODUCIDAS	W	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
CAPACIDAD INSTALADA	W/MIN	0,002	0,002	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	0,002	0,002	0,003
UNIDADES APROBADAS	W	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1
capacidad promedio	0,0018	W/MIN									
T. OPERATIVO	MIN	600	600	600	600	600	600	600	600	600	420
T. OPERACIÓN REAL	MIN	559	562	555	558	579	577	559	557	563	388
T. OPERATIVO PROMEDIO		545,7	MIN								
DISPONIBILIDAD		0,93	0,94	0,93	0,93	0,97	0,96	0,93	0,93	0,94	0,92
100	%	93,17	93,67	92,50	93,00	96,50	96,17	93,17	92,83	93,83	92,38
RENDIMIENTO		1,00	0,99	1,01	1,00	1,93	1,94	1,00	1,00	0,99	1,44
100	%	100	99	101	100	193	194	100	100	99	144
CALIDAD		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	%	100,00	100,00	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

D X R X C		0,93	0,93	0,93	0,93	1,86	1,86	0,93	0,93	0,93	1,33
%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
OEE	%	93,17	93,17	93,17	93,17	186,33	186,33	93,17	93,17	93,17	133,10
PROMEDIO OEE	93,17	%									

#	datos editables	#	datos automáticos
#	datos para ingreso	#	datos constantes

ANÁLISIS:

Durante los días de análisis se estimó un trabajo normal de una unidad por día, hasta que se dio un cambio de operador, donde se duplicó la productividad, dando a conocer el mal uso de los recursos por parte de los colaboradores.

3.5.4 ETAPA: PINTURA

Tabla 9 Pintura

Pintura											
TIPO:	UND	SIGMAFAST 302		SIGMAFAST COVER 435				SIGMA DUR 550			
		60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
		fechas									
PERIODO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. NORMAL DE TRABAJO	MIN	660	660	660	660	660	660	660	660	660	660
PERIODO		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. LIMPIESA AREA		12	11	14	18	13	10	16	9	14	15
T.PREPARACION		49	47	32	45	37	41	43	34	40	38
EQUIPO PREPARADO		45	42	17	44	47	39	22	28	35	23
LIMPIEZA EQUI		27	20	14	29	31	32	22	33	32	25
T.AJUSTES DE HERRAMIENTAS		7	16	23	26	23	25	21	26	17	13
T. PARADA PLANIFICADA		140	136	100	162	151	147	124	130	138	114
T. PARADA PLANIFICADA	MIN	140	136	100	162	151	147	124	130	138	114
T. AJUSTES Y AVERÍAS	MIN	7	16	23	9	18	25	21	27	12	19
		tanque	skid								
UNIDADES PRODUCIDAS	M2	21	90	90	21	21	90	90	90	21	21
CAPACIDAD INSTALADA	M2/MIN	0,04	0,18	0,17	0,04	0,04	0,18	0,17	0,18	0,04	0,04
UNIDADES APROBADAS	M2	21	90	90	21	21	90	90	90	21	21
CAPACIDAD INSTALADA		0,109	M2/MN				0,105	M2/MN		0,108	M2/MN
		6,54	M2/HORA				6,32	M2/HORA		6,48	M2/HORA
T. OPERATIVO	MIN	520	524	560	498	509	513	536	530	522	546
T. OPERACION REAL	MIN	513	508	537	489	491	488	515	503	510	527
T. OPERATIVO	525,8	MIN									

DISPONIBILIDAD		0,99	0,97	0,96	0,98	0,96	0,95	0,96	0,95	0,98	0,97
100	%	98,65	96,95	96	98,19	96,46	95,13	96,08	94,91	97,70	96,52

RENDIMIENTO		0,38	1,62	1,59	0,41	0,41	1,75	1,62	1,66	0,38	0,37
100	%	38	162	159	41	41	175	162	166	38	37

CALIDAD		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
100	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

D X R X C		0,37	1,58	1,53	0,40	0,39	1,67	1,56	1,57	0,37	0,36
OEE	%	37,03	157,50	152,67	40,06	39,19	166,65	155,52	157,28	37,26	35,62
OEE			78,75	%	99,642 %					96,42	%
		SIGMAFAST 302			SIGMAFAST COVER 435					SIGMA DUR 550	

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

ANÁLISIS

Este es el grupo más eficiente de trabajo porque tiene grandes intervalos de tiempo entre obras, cabe señalar el gran período de tiempo requerido para preparar sus materiales de trabajo.

3.5.5 ETAPA: MAQUINADOS

Tabla 10 Maquinados

		MAQUINADOS																			
		TALADRO					TORNO					TORNO					TORNO				
JORNADA DE TRABAJO 7:00 A 15:45																					
w=work		01 de jun	02 de jun	03 de jun	04 de jun	30 de jun	01 de jun	02 de jun	03 de jun	04 de jun	30 de jun	01 de jun	02 de jun	03 de jun	04 de jun	30 de jun	01 de jun	02 de jun	03 de jun	04 de jun	30 de jun
CONSTANTE ALMUERZO	MIN	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45	45
PERÍODO		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
T. NORMAL DE TRABAJO	MIN	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540	540
T. PARADA PLANIFICADA	MIN	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
T. AJUSTES Y AVERÍAS *	MIN	379	408	408	0	197	111	0	278	198	483	0	0	393	0	100	175	99	362	166	220
*TODA DIFERENCIA DE 26 REPRESENTA DEMORAS EXTRA																					
UNIDADES PRODUCIDAS	W	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
CAPACIDAD INSTALADA	W/MIN	0,007	0,009	0,009	1,00	0,00	0,002	1,000	0,004	0,003	0,031	1,000	1,000	0,008	1,000	0,002	0,003	0,002	0,007	0,003	0,003
UNIDADES APROBADAS	W	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
CAPACIDAD PROMEDIO	0,009	0,004	1,0	0,003	W/MIN	confiabilidad del 95,45%*															
T. OPERATIVO	MIN	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515	515
T. OPERACIÓN REAL	MIN	136	107	107	1	318	404	1	237	317	32	1	1	122	1	415	340	416	153	349	295
T OPERATIVO PROMEDIO	515	MIN/DIA																			
T REAL PROMEDIO	133,8	198,2	108	310,6	MIN/DIA																

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Tabla 11 OEE

DISPONIBILIDAD		0,26	0,21	0,21	0,00	0,62	0,78	0,00	0,46	0,62	0,06	0,00	0,00	0,24	0,00	0,81	0,66	0,81	0,30	0,68	0,57		
%		100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100	100,00	100,0	100	100	100,0	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100	100,00	100	100		
100%	%	26,41	20,78	20,78	0,00	61,75	78	0	46	62	6	0	0	23,68932	0,1941748	80,58252	66,01942	80,78	29,71	67,77	57,282		
USO DEL RECURSO					25,94	%				38,49	%				20,89	%					60,31068	%	
RENDIMIENTO		0,79	1,00	1,00	0,00	0,34	0,59	0,00	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,00	1,00	0,82	2,22	0,97	1,15		
%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
100%	%	78,68	100,00	100,00	0,00	33,65	59	0	100	75	0	0	0	0,82	0	0,240964	100	81,73	222,22	97,42	115,25		
USO DEL RECURSO					62,46	%				46,69	%				0,21	%						123,32569	%
CALIDAD		1,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	1,00	1,00	0,00	0,00	0,00	1,00	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00		
%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	
100%	%	100,0	100,0	100,0	0,0	100,0	100	0	100	100	0	0	0	100	0	100	100	100	100	100	100	100	
USO DEL RECURSO					80,00	%				60,00	%				40	%						100	%
D X R X C		0,21	0,21	0,21	0	0,207767	0,46	0	0,46	0,46	0	0	0	0,001942	0	0,001942	0,66	0,66	0,66	0,66	0,6602		
%		100	100	100	100	100	100	100	100	100	101	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	101	
OEE	%	20,8	20,8	20,8	0,0	20,8	46,0	0,0	46,0	46,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,2	66,0	66,0	66,0	66,0	66,7		
PROMEDIO OEE		20,78	46,02	0,078	66,02	%																	
										65-0	INACEPTABLE												
										65.1-75	REGULAR												
										75.1-85	ACEPTABLE												
										85.1-95	MUY BUENO												
										95,1	EXELENTE												

**indicador norma iso calidad/producción

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

ANÁLISIS

Durante la semana de análisis se presentó un bajo índice de trabajo en las cuatro máquinas SELECCIONADAS POR ALTO ÍNDICE DE ACTIVIDADES COMENTADAS POR EL JEFE A CARGO DEL ÁREA, por lo cual se buscó obtener un quinto día de análisis, siendo este uno con mayor actividad que la observada en los anteriores días, para generar una media mas favorable.

Se observa un amplio margen de respuesta a las tareas encargadas, pero se demuestra que existe una alta holgura entre tareas encomendadas por los supervisores a cargo, por lo cual se recomienda se optimice el tiempo y/o recurso humano de trabajo o la apertura a tareas externas.

3.5.6 ETAPA: GRANALLADO

Entrevista: Realizada la entrevista con la siguiente tabla a los diferentes miembros encargados del proceso, se tomaron en cuenta los siguientes factores:

- Recargar tolva
- Preparación de equipos e instrumentos

Se detectaron todos los cambios que se realizan durante el desarrollo del pedido, teniendo inconvenientes con los equipos antes que con su desempeño.

Tabla 12 Granallado

	15 PERIODOS DE RECARGA DE 20 MINUTOS				
PREPARACION	# REPETICIONES	TIEMPO	U	TIEMPO TOTAL	U
TOLVA	15	20	MIN	300	MIN
EQUIPO SEGURIDAD	1	15	MIN	15	MIN
COMPRESOR	2	25	MIN	50	MIN
				0	MIN
				0	MIN
				0	MIN
SUMATORIA DE TIEMPO				1025	MIN
DIFERENCIA				-125	MIN

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

ANÁLISIS

Se reportó que durante el desarrollo se presentaron varios problemas como el fallo del compresor que generó mayor pérdida de tiempo de lo esperado, además que las condiciones del área de trabajo generan una alta contaminación en el sitio, por lo que requieren un tiempo de espera extra hasta recuperar la visibilidad y ventilación adecuada, por el mismo hecho se fundamenta que la noche y madrugada son los horarios ideales para cumplir con la actividad para no afectar al medio del área de residencia de la empresa.

OBSERVACIÓN

Para la obtención de la información no se pudo realizar un control documentado por observación o video, por lo cual se recurrió a un formato para consultar a los implicados como se desarrolló la actividad, datos que fueron verificados por su supervisor en la tabla

3.5.7 INFORME CAPACIDAD INSTALADA

Tabla 13 Resumen de Capacidad Instalada

PROCESOS REVISADOS	PROCESO	CAPACIDAD *	UNIDADES	EFICIENCIA
	TIPO	SOLDADURA		OEE
PLANCHA	SAMW ESPESOR 38MM-A36		0.14 IN/MIN	70,89%
PLANCHA	SMAW ESPESOR 19MM-SA516-9		0.23 IN/MIN	71,33%
PLANCHA	GMAW ESPESOR 12MM-SA516		0,56IN/MIN	96,88%
PLANCHA	GTAW ESPESOR 16MM-SA516		0.88IN/MIN	43.74%
TUBO	GTAW-SMAW ESPESOR2"		0.072 IN/MIN	81,10%
TUBO	GTAW-SMAW ESPESOR 4"		0,23IN/MIN	89,29%
TUBO	GTAW-SMAW ESPESOR 6"		0.304 IN/MIN	95,33%
	PINTURA			
	SIGMAFATS		0.109M2/MIN	78.75%
	SIGMAFAST COVER 435		0.105M2/MIN	99.64%
	SIGMAFAST DUR 550		0.108M2/MIN	96.42%
	TERMALINE 450		0.257M2/MIN	88.08%
	PLASITE 7159		2.83M2/MIN	63.5%
	MAQUINADOS			
	TALADRO		0.092W/MIN	20.78%
	T1		0.004W/MIN	46.02%
	T2		1.0W/MIN	0.078
	T3		0.003W/MIN	66.02%
	BAROLADO			
	BAROALDO		0,0018W/MIN	93.17%
	GRANALLADO			
	GRANALLADO		540 min	52.68%

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

En esta tabla se evidencia el cambio general que se ha realizado con la aplicación del OEE, hasta conocer cuál es el rendimiento real que puede dar la planta.

3.6 VERIFICACIÓN DE HIPÓTESIS

Para comprobar la hipótesis planteada se realizaron cuadros comparativos en cuanto al tiempo sin y con el uso del OEE, en muestras independientes, presentando el cambio que ocurrió al emplearlo contra lo que sucedía antes de implementarlo, señalando abiertamente el ahorro de recursos obtenidos en cada proceso y sustentándolo con el análisis de T student.

Tabla 14 Prueba t de funciones Soldadura

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	t. real	t planificado
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	542,1	459
Varianza	4238,32222	5919,55556
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0,96836704	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	12,2927261	
P(T<=t) una cola	3,1346E-07	
Valor crítico de t (una cola)	1,83311293	
P(T<=t) dos colas	6,2692E-07	
Valor crítico de t (dos colas)	2,26215716	

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

INTERPRETACIÓN: Con un nivel de significancia de 0.05 la prueba *t* de una muestra de 10 mediciones tomadas, manifiesta una gran diferencia en cuanto al manejo de tiempos dentro de la etapa de soldadura analizada.

Tabla 15 Prueba t de funciones. Pintura

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	525,8	508,1
Varianza	329,955556	261,655556
Observaciones	10	10
Coefficiente de correlación de Pearson	0,92994794	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	9	
Estadístico t	8,33255188	
P(T<=t) una cola	7,9818E-06	
Valor crítico de t (una cola)	1,83311293	
P(T<=t) dos colas	1,5964E-05	
Valor crítico de t (dos colas)	2,26215716	

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

INTERPRETACIÓN: Teniendo un nivel de significancia de 0.05 la prueba *t* de una muestra de 10 mediciones tomadas, señala una gran diferencia en cuanto al manejo de tiempos dentro de la etapa de pintura, definiendo la gran holgura de tiempo que se genera durante el desarrollo del proceso y por ende se plantea mejorar la planificación del área considerando las paras obligadas que incurre al proceso.

Tabla 16 Prueba t de funciones. Maquinados

Prueba t para medias de dos muestras emparejadas		
	<i>Variable 1</i>	<i>Variable 2</i>
Media	515	187,65
Varianza	0	24587,9237
Observaciones	20	20
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	19	
Estadístico t	9,33611978	
P(T<=t) una cola	7,864E-09	
Valor crítico de t (una cola)	1,72913281	
P(T<=t) dos colas	1,5728E-08	
Valor crítico de t (dos colas)	2,09302405	

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

INTERPRETACIÓN: Obteniendo un nivel de significancia de 0.05 la prueba *t* de en una muestra de 15 ejemplos, se observó la diferencia con la anterior consideración que 515 minutos eran productivos, siendo lo real que solo una fracción de estos genera valor agregado, dependiendo de su demanda.

CAPÍTULO IV: MARCO PROPOSITIVO

4.1 TÍTULO

MANUAL DE USO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN EN EL ÁREA DE ACERO AL CARBONO DE LA EMPRESA ACINDEC S.A., EMPLEANDO EL MÉTODO DE EFICIENCIA GENERAL DE LOS EQUIPOS (OEE)

4.1.1 ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

La empresa Aceros Industriales del Ecuador S.A. es una de las más importantes del Ecuador en el ramo de elaboración de estructuras de acero, especializada en: diseño, desarrollo, fabricación, montaje y puesta en marcha de plantas industriales, equipos e instalaciones, tanto de equipos pequeños como de sistemas industriales de gran tamaño construidos bajo especificaciones de diseño y fabricación con los más altos estándares de calidad.

Para su funcionamiento la empresa posee una planta industrial constituida por dos naves con un área total de 17.000 m², la primera consta de una; área de 800 m² y una altura de 9 m. donde se trabaja en la fabricación y montaje de equipos en acero inoxidable, tiene una capacidad de levantamiento de 10 toneladas fijas. La siguiente tiene un área cubierta de 1.200 m² y una altura de 12 m dedicada a la fabricación y montaje de equipos de gran peso y volumen con una capacidad de levantamiento de 40 toneladas fijas.

Ambas naves están dotadas de modernas instalaciones eléctricas y neumáticas que suministran la energía para todos los equipos.

Por su calidad de trabajo provee a empresas de:

- Industrias en general
- Minas y derivados
- Alimentos y bebidas
- Transporte
- Petróleo y gas

- Química y farmacéutica
- Productos lácteos

Esta es una empresa mecatrónica puesto que integra la ingeniería mecánica con la electrónica y la informática por lo que está en la capacidad de diseñar y fabricar equipos inteligentes capaces de controlar sus propios procesos automáticamente y plantas multiprocesos con un control centralizado o distribuido.

4.1.2 RESEÑA HISTÓRICA

La empresa ACINDEC, fue fundada en 1990, sus mentores fueron la Sra. Lily del Carmen Córdova, Ec. Guido Morales, Sr. Manuel Tello, Ing. Hernán Reinoso y Lic. Gilberto Pedrera, por sus propios derechos y voluntad constituyen a la Compañía Anónima que se denomina “ÁCEROS INDUSTRIALES DEL ECUADOR ACINDEC S.A.”

Su domicilio es la ciudad de Quito, bajo escritura el plazo de duración de la compañía será de 25 años, que corren desde la fecha de inscripción. Se inicia con un capital; de cuatro millones quinientos treinta y nueve mil sucres y se encuentra dividido en 45.391 acciones ordinarias y nominativas de cien sucres cada una.

En el año 2000 la Sra. Lily Córdova decide vender sus acciones, quedando como accionistas Ec. Guido morales, Sr. Manuel Tello, Ing. Diego Pinto y el Sr. Héctor Salvador, quienes hasta la fecha mantienen sus acciones y esfuerzos en la empresa pues algunos de ellos laboran diariamente en la empresa, el Ec. Guido morales es el gerente general, el Ing. Diego pinto es Gerente de Producción y el Sr. Manuel Tello presidente. En la actualidad la matriz y plante se encuentra en Quito en las calles De las Avellanas lote 11 y Av. Eloy Alfaro.

4.1.3 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

Ilustración 14 Ubicación geográfica



Fuente: ACINDEC

Elaborado por: ACINDEC.

4.1.4 Filosofía

Mediante un trabajo colectivo la empresa busca entregar equipos de alta calidad a los clientes que depositan su confianza en nosotros

4.1.5 Misión

Ser la empresa ecuatoriana más importante en el diseño, fabricación y Montaje de equipos y plantas industriales.

4.1.6 Visión

Contribuir con el desarrollo industrial y tecnológico del Ecuador.

4.1.7 Objetivos

- Crear en cada proyecto un producto que cumpla con las expectativas del cliente, elaborándolo con materiales de calidad y con un costo justo a fin de obtener utilidades por el servicio prestado.
- Proveer información adecuada para que el cliente conozca los alcances que en el futuro tenga el producto desarrollado y que garantice su buen funcionamiento.
- Conseguir el funcionamiento armónico de cada uno de los departamentos implicados en el desarrollo de la obra.

4.1.8 Valores corporativos

Disciplina

Transparencia

Proactividad

Perseverancia

Responsabilidad

Superación

Eficiencia

Compromiso

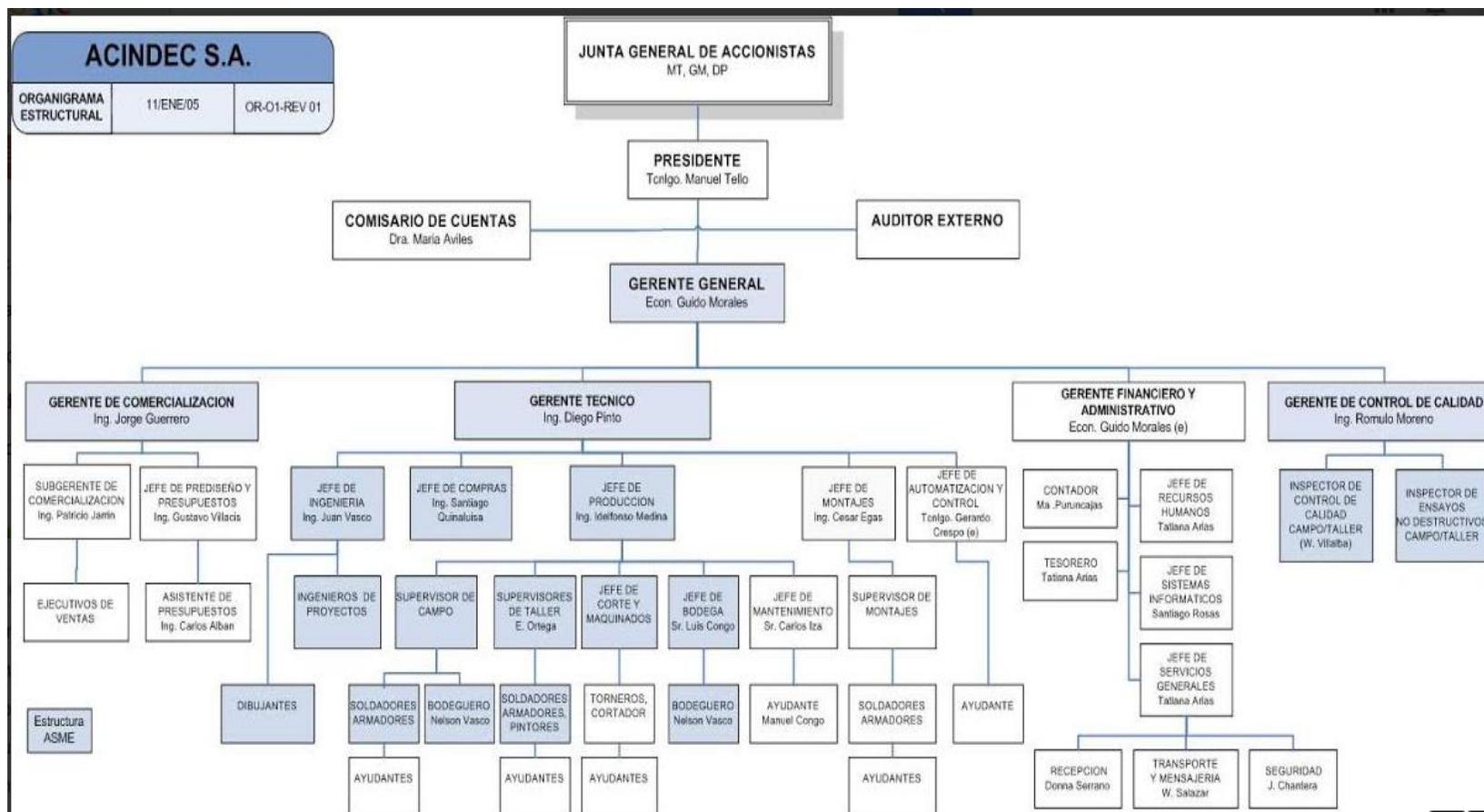
Trabajo en equipo

Ética

Mejoramiento profesional

4.1.9 Diagrama organizacional

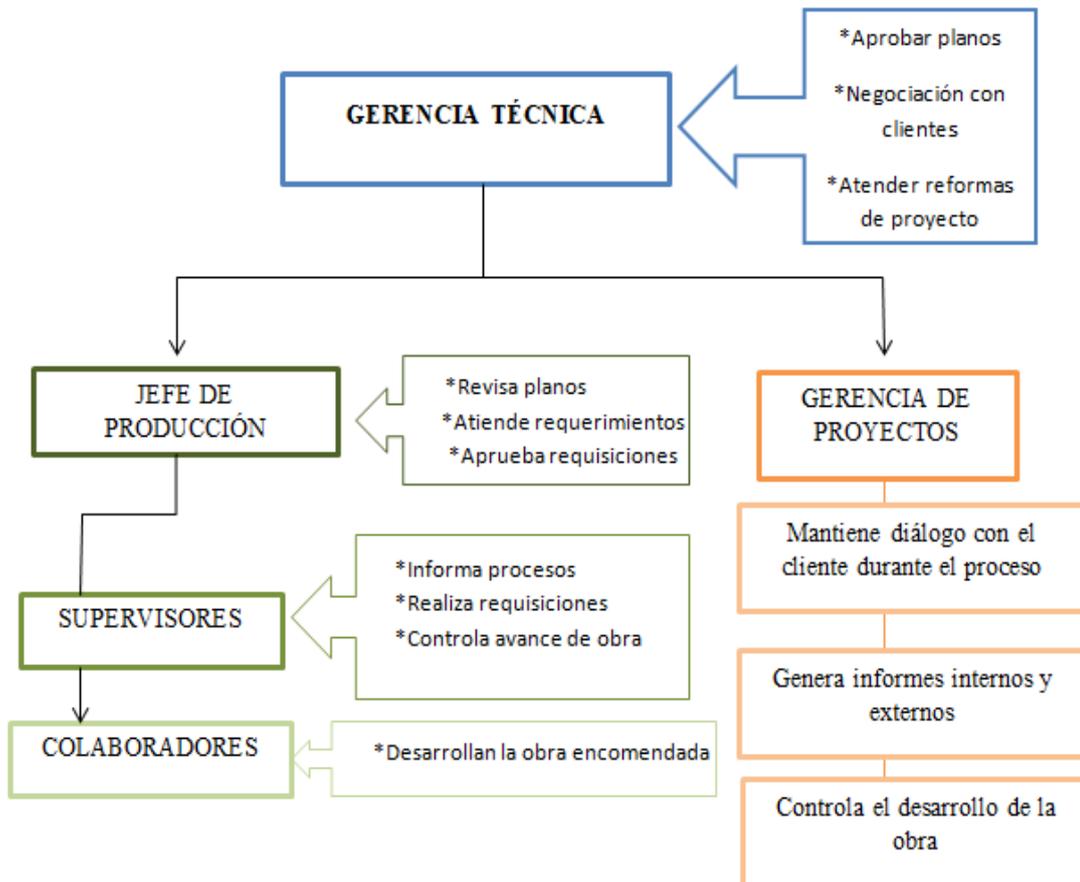
Ilustración 15 Diagrama organizacional



Fuente: ACINDEC
 Elaborado por: ACINDEC

4.1.10 Organigrama producción

Ilustración 16 Organigrama de producción



Fuente: ACINDEC
Elaborado por: ACINDEC

4.2 CONTENIDO DE LA PROPUESTA

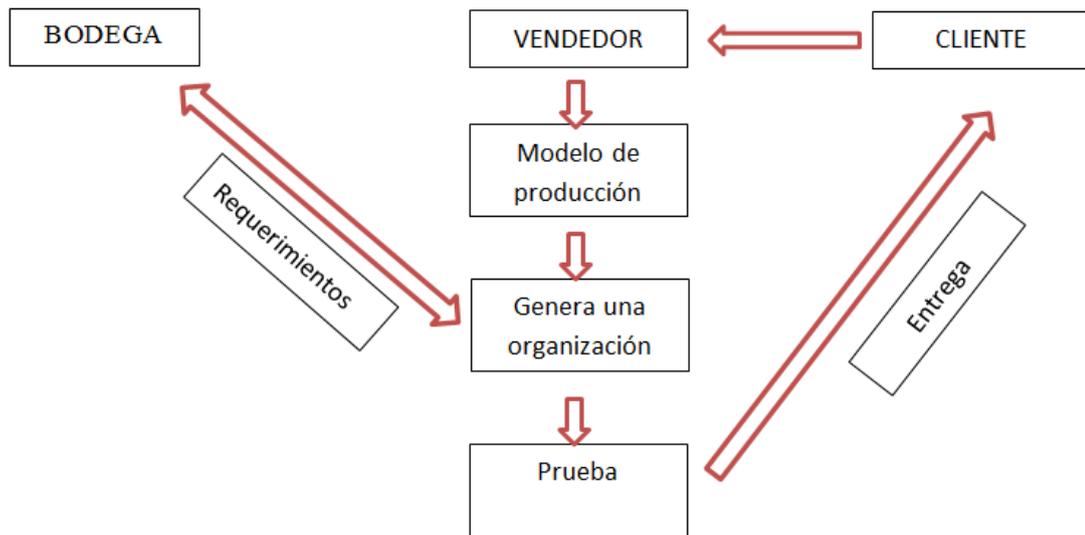
4.2.1 Administración de la cadena de suministros. (Render, B., 2009)

El propósito primario para la existencia de cualquier cadena de suministro, es la de satisfacer las necesidades del cliente y la rentabilidad del negocio. Las actividades de la cadena de suministro inician con una orden del cliente y terminan cuando un cliente satisfecho paga por su compra.

Esto es referido comúnmente como un despacho perfecto de un pedido, desde la cotización hasta el pago. Todo lo que sucede en medio deberá ser accionado con el mismo objetivo de agregar valor a las solicitudes para acercarse a lo que el cliente solicita.

En la Empresa se sigue el siguiente modelo de cadena de suministro:

Ilustración 17: Cadena de suministros



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Debido al escaso control observado en las áreas productivas previo y durante a su desempeño, he iniciado el estudio del OEE buscando mantener un estándar continuo de control de procesos, por lo que se inicia con la inclusión en el proyecto de una herramienta de cálculo sencillo y rápido, para esto se programó una tabla de cálculo de OEE adaptada a las necesidades de la empresa. Una vez aplicada dicha herramienta se reconoció claramente la deficiencia en el desempeño óptimo del área, más tarde con la aplicación del método el desarrollo del trabajo presenta un nivel más aceptable al anteriormente establecido, incrementado los niveles de producción de la planta.

4.2.2 Manual para aplicar el OEE

INTRODUCCIÓN:

¿Por qué aplicar el método del OEE?

- Porque la Empresa realiza grandes inversiones en maquinaria y necesitan conseguir el máximo reembolso de su inversión en el menor tiempo posible.
- Es necesario disminuir las pérdidas productivas y alcanzar que la Empresa sea más competitiva.
- Solo lo que se mide se puede gestionar y mejorar.
- El OEE es una medida estándar que utilizan los principales fabricantes del mundo de los países avanzados.
- El OEE se utiliza como medida en todos los sectores y permite equipararnos con los mejores.

4.2.3 MANUAL DE USO

Tabla 17 Detalle de tiempo

SOLDADURA A36 38MM SMAW											COMENTARIO PARA USUARIO	
METODO DE OBSERVACIÓN	PRESENCIAL			CAMARAS				MIXTO				
	11-may	11-may	12-may	12-may	13-may	13-may	14-may	14-may	18-may	18-may		
FECHA DE ANALISIS	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771	2771		
	und	DEMORAS ADICIONALES										
MEDIA DE DEMORAS	80	10	45	72	208	44	0	0	0	0	datos editables	
CONSTANTE ALMUERZO	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	datos constantes	
PERIODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T. NORMAL DE TRABAJO	MIN	660	660	660	660	660	660	660	660	660	datos editables	
T. AJUSTES Y AVERIAS*	MIN	90	125	152	288	124	80	80	80	80	datos editables	
T. PARADAS PLANIFICADAS**	MIN	60	60	65	126	64	99	95	81	89	92	datos editables
*TODA DIFERENCIA DE 80 MUESTRA TIEMPOS ADICIONALES DE PARA												
** TODA DIFERENCIA DE 60 MUESTRA TIEMPOS EXTRA DE PLANIFICACIÓN												

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

En la presente tabla se observan datos constantes y editables, siendo el caso de los constantes que podrían ser cambiados solo si se emitiera una orden por parte de gerencia, de otro modo se mantendrían. Por el contrario los editables serán ingresados acorde al tipo de trabajo, en este caso soldadura teniendo una jornada de 11 horas al día.

Tabla 18 Detalle de capacidad promedio en cuanto a unidades aprobadas

UNIDADES PRODUCIDAS	IN	57	72	50	65	67	70	62	68	71	69	datos para ingreso	
CAPACIDAD INSTALADA	IN/MIN	0,11	0,15	0,11	0,26	0,14	0,15	0,13	0,14	0,14	0,14	datos automaticos	
UNIDADES APROBADAS	IN	55	65	50	60	59	62	58	61	65	63	datos para ingreso	
CAPACIDAD PROMEDIO	0,142	IN/MIN	confiabilidad del 95,45%*										

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

En esta tabla se ingresan las unidades producidas y aprobadas; la capacidad instalada se obtiene de la división entre unidades producidas contra el tiempo operativo real, de las muestras tomadas obtendremos la capacidad instalada a partir de la media de las mediciones.

Tabla 19 Detalle de tiempo operativo frente a tiempo operativo real

	IN/MIN	X	IN/DIA	70,84	in/dia	CAPACIDAD TEORICA						
	0,1417	X	500	53,07	in/dia	CAPACIDAD REAL						
	0,1417	X	374,6	17,77	in/dia	DIFERENCIAL						
T. OPERATIVO	MIN	570	535	508	372	536	580	580	580	580	580	datos automaticos
T. OPERACIÓN REAL	MIN	510	475	443	246	472	481	485	499	491	488	datos automaticos
T OPERATIVO PROMEDIO	542,1	min/dia	T REAL PROMEDIO	459	min/dia							

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Una vez obtenida la capacidad teórica y real de la planta, procederemos a analizar los tiempos de funcionamiento para obtener el tiempo operativo, se resta del tiempo normal de trabajo el tiempo de ajustes y averías, una vez obtenido este valor lo restamos del tiempo de paradas planificadas para conseguir el tiempo operativo real, como se ve en la tabla 18 estos datos serán automáticos partiendo de los valores ingresados en la tabla 17.

Tabla 20 Cálculo de disponibilidad

DISPONIBILIDAD		0,89	0,89	0,87	0,66	0,88	0,83	0,84	0,86	0,85	0,84	
100%	%	89,47	88,79	87,20	66,13	88,06	82,93	83,62	86,03	84,66	84,14	datos automaticos

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Recolectados los datos para iniciar el cálculo de los diferentes ratios que exigen las fórmulas del OEE procedemos a ejecutar disponibilidad mediante la fórmula:

$$DISPONIBILIDAD = \frac{TIEMPO OPERATIVO}{TIEMPO PLANIFICADO DE PRODUCCIÓN} * 100$$

Esta fórmula está en funcionamiento en la tabla 19, partiendo de los datos de la tabla 16.

La disponibilidad se obtiene de dividir entre el tiempo que se produjo por el tiempo que se podría haber producido.

Tabla 21 Cálculo de Rendimiento

RENDIMIENTO		0,79	1,07	0,80	1,87	1,00	1,03	0,90	0,96	1,02	1,00	
100%	%	78,89	106,99	79,67	186,51	100,20	102,72	90,23	96,19	102,07	99,80	datos automaticos

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

$$RENDIMIENTO = \frac{CAPACIDAD INSTALADA}{\frac{TIEMPO OPERATIVO}{NÚMERO DE UNIDADES APROBADAS}} * 100$$

Los datos de esta fórmula provienen de las tablas 17 y 18, estos valores se obtienen del análisis entre capacidad instalada contra el tiempo operativo y el número de unidades producidas, dándonos el rendimiento de la jornada

Tabla 22 Cálculo de calidad

80	CALIDAD		0,96	0,90	1,00	0,92	0,88	0,89	0,94	0,90	0,92	0,94			
82		%	96,49	90,28	100,00	92,31	88,06	88,57	93,55	89,71	91,55	94,20	datos automaticos		

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

$$CALIDAD = \frac{UNIDADES APROBADAS}{UNIDADES PRODUCIDAS} * 100$$

Los valores del cálculo de calidad provienen de la tabla 17. Resultado obtenido sobre las unidades aprobadas sobre producidas, mientras menor sea el porcentaje obtenido se entiende la poca calidad que se está obteniendo del trabajo realizado.

Tabla 23 Cálculo OEE

D X R X C		0,68	0,86	0,69	1,14	0,78	0,75	0,71	0,74	0,79	0,79			
OEE		68,11	86,76	69,47	113,85	77,70	75,45	70,59	74,24	79,10	79,10	datos automaticos		
PROMEDIO OEE	%	76,58												
			65-0	INACEPTABLE										
			65.1-75	REGULAR										
			75.1-85	ACEPTABLE										
			85.1-95	MUY BUENO										
			95.1	EXELENTE										
*					**indicador norma iso calidad/producción									

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Para obtener el OEE se procede a multiplicar entre los valores conseguidos en disponibilidad, calidad y rendimiento, mediante la fórmula:

$$OEE = DISPONIBILIDAD * RENDIMIENTO * CALIDAD$$

Valores obtenidos de las tres tablas anteriores y resultado a interpretar acorde al indicador norma calidad/producción, presente en la tabla 22

4.2.4 SOLDADURA

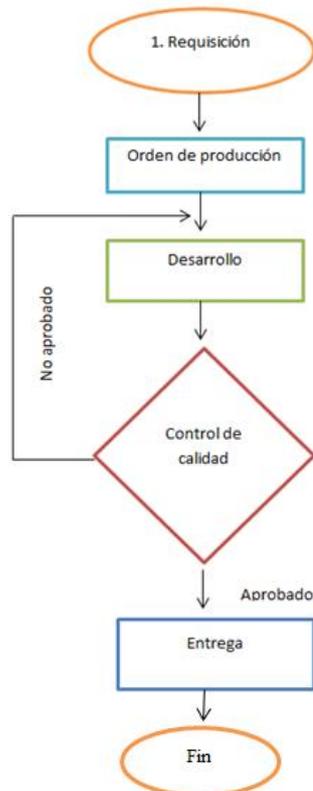
Es un proceso utilizado en la fabricación que une piezas generalmente de metal a través de la fundición de varios segmentos en un solo cuerpo, mediante su derretimiento y utilizando el argón u otros elementos como relleno derretido.

4.2.5 Mapa del proceso

1. **Requisición:** Es el proceso donde se solicita los implementos necesarios para el cumplimiento de la actividad señalada en el área de soldadura.
2. **Orden de producción:** Es la orden específica sobre el desarrollo de la tarea para la jornada en proceso.
3. **Desarrollo:** Etapa de cumplimiento de la orden señalada.
4. **Control de calidad:** Verificación de la perfección del trabajo entregado.
5. **Entrega:** Salida del trabajo para recepción en la siguiente etapa del proceso.

4.2.6 Diagrama de flujo soldadura

Ilustración 18 Diagrama de flujo soldadura



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

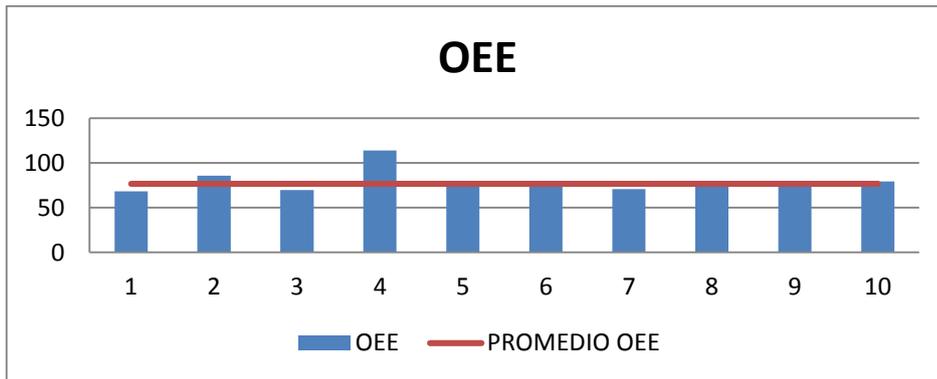
Tabla 24 Comparación de funciones. Soldadura

**COMPARACIÓN DE FUNCIONES
SOLDADURA**

	Sin OEE	Con OEE
Horas hombre	360 h.	120 h.
Tiempos de entrega	36 días	12 días
Costo operador	\$1800,00	\$600,00
Costo ayudante	\$612,00	\$204,00
Nota: Ejercicio basado en la entrega de 4 bridas de 72 in dos caras capacidad instalada 53 in/día		

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Ilustración 19 OEE Soldadura



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

4.2.7 ANÁLISIS

Para el proceso productivo A36 38 MM SMAW en 10 eventos revisados se consideró una capacidad instalada de 0,1417 pulgadas/min (8,50 pulgadas/H), por medio de cuantificación estadística, considerando un índice diario de producción real de 53,07 pulgadas/día tomando en cuenta la mayor cantidad de tiempos de para y reprocesos, siendo el caso de obtener resultados inferiores se los podría considerar como fugas de

tiempo. Estimando una producción ideal de 70,84 pulgadas/día sin contar tiempos muertos ni de ajustes y averías.

Toda medida superior a 100 muestra una superioridad en producción planificada.

4.2.8 MEJORAS

Revisar el sistema con el cual se hacen requisiciones debido a que en este se han detectado la mayor pérdida de tiempos en promedio de hasta 80 minutos por día. De la misma manera se han encontrado pérdida de tiempo por falta de dirección y responsabilidad del personal productivo

Tabla 25 Tiempos considerados (estudio previo a análisis)

TIEMPOS CONSIDERADOS (ESTUDIO PREVIO A ANÁLISIS)										
PERÍODO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
T. LIMPIEZA ÁREA	5		22	10						
T.REQUISICIÓN	63	51	41	32	55	65	61	68	61	48
T. STANBY										
T.MOVILIZACIÓN		18	5	18	12	20	11	13	12	4
T.AJUSTES DE HERRAMIENTAS	17	12	18	12	10	17	5	8	4	12
SUMATORIA	85	81	86	72	77	102	77	89	77	64
METODO ESTADÍSTICO	79									

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

4.2.9 ANÁLISIS

Con los datos obtenidos durante una semana de recolección (de varios operadores) se estimó una media de 80 minutos de paradas utilizando un método estadístico para saber cuál es la media de demoras por diferentes causas, se midieron durante 10 días todos los eventos ocurridos que afectaban el desarrollo de la obra mediante la fórmula empleada.

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

4.2.10 PINTURA:

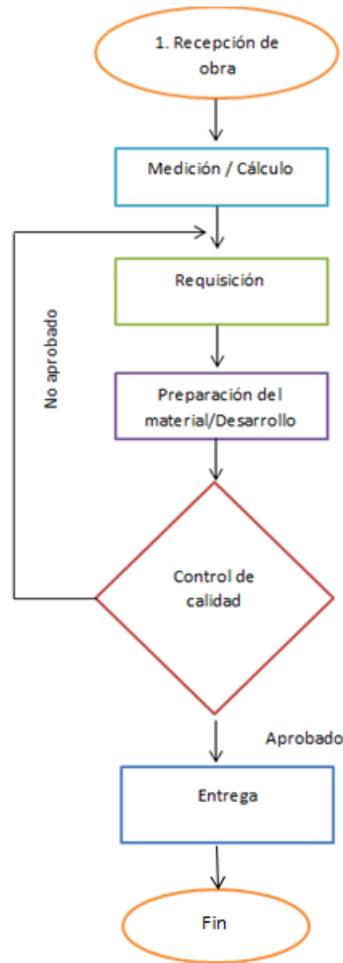
Es la mezcla ya sea líquida o densa que se la emplea por extensión, inyección o inmersión sobre un objeto para revestirlo, colorearlo y sobre todo protegerlo.

4.2.11 Mapa del proceso

- 1. Recepción de obra:** Ingreso del cuerpo metálico al área de pintura.
- 2. Medición / Cálculo:** Obtenida el área del cuerpo metálico se procede a calcular la cantidad de pintura requerida para cada etapa.
- 3. Requisición:** proceso donde se solicita los implementos necesarios para el cumplimiento de la actividad señalada en el área de pintura.
- 4. Preparación del material/Desarrollo:** Combinación de pinturas con su respectivo reactivo acorde a la etapa en desarrollo.
- 5. Control de calidad:** Verificación de la perfección del trabajo entregado.
- 6. Entrega:** Salida del trabajo para recepción en la siguiente etapa del proceso

4.2.12 Diagrama de flujo

Ilustración 20 Diagrama de flujo pintura



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Tabla 26 Comparación de funciones. Pintura

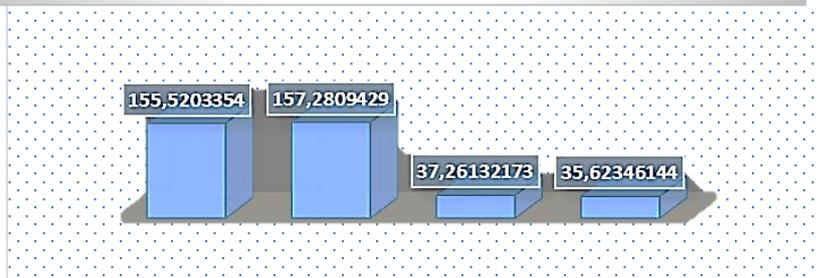
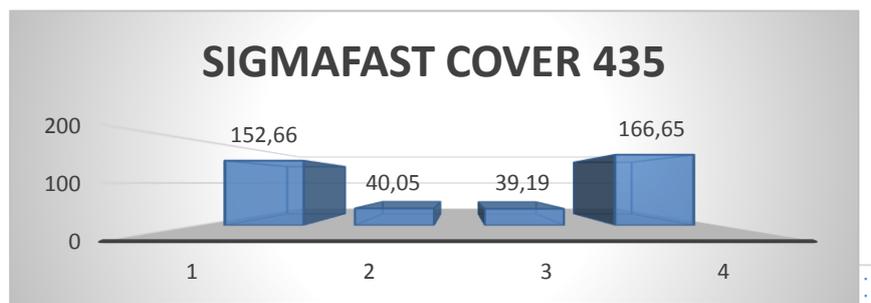
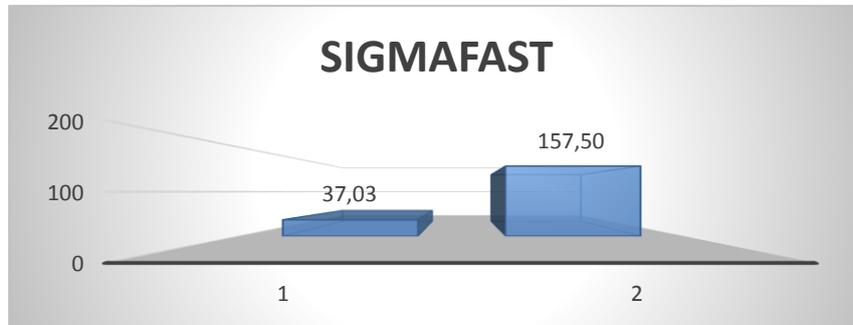
COMPARACIÓN DE FUNCIONES PINTURA

	Sin OEE	Con OEE	ahorro
Horas hombre	525 h.	142 h.	383 h.
Tiempos de entrega	3 días	1 días	2 días
Costo operador 1	\$900,00	\$900,00	\$0,00

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Nota: Al ser pintura una de las áreas más eficientes de la empresa se señala únicamente la mejora en la planificación ya que el nivel de respuesta del área es muy buena.

Ilustración 21: Tipos de pintura



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

4.2.13 ANÁLISIS

Este es el grupo más eficiente de trabajo porque tiene grandes intervalos de tiempo entre obras, cabe señalar el gran período de tiempo requerido para preparar sus materiales de trabajo.

4.2.14 MAQUINADOS

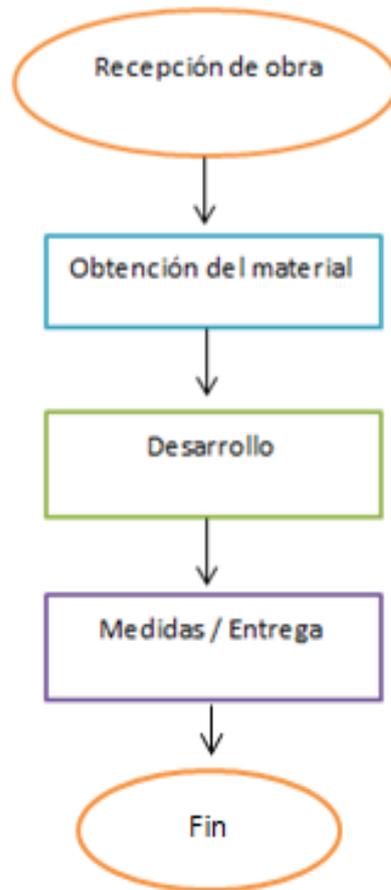
Es el proceso de un trabajo de manufactura en el que se usa tornos o taladros para dar forma a una pieza eliminando el exceso de material hasta darle la forma requerida.

4.2.15 Mapa del proceso

1. **Recepción obra:** Ingreso del cuerpo metálico al área de maquinado.
2. **Obtención del material:** Escogimiento del material adecuado de acuerdo a las especificaciones requeridas según el caso.
3. **Desarrollo:** Proceso de torneado hasta conseguir las medidas requeridas.
4. **Medidas / Entrega:** Liger control de calidad visual por parte del supervisor y operador (en el 99% de los casos no requiere reproceso) y entrega de la obra.

4.2.16 Diagrama de flujo

Ilustración 22 Diagrama de flujo Maquinados



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

*No existe la etapa de control de calidad debido a que en el proceso los mismos operadores verifican la calidad de la obra.

Tabla 27 Comparación de funciones. Maquinados

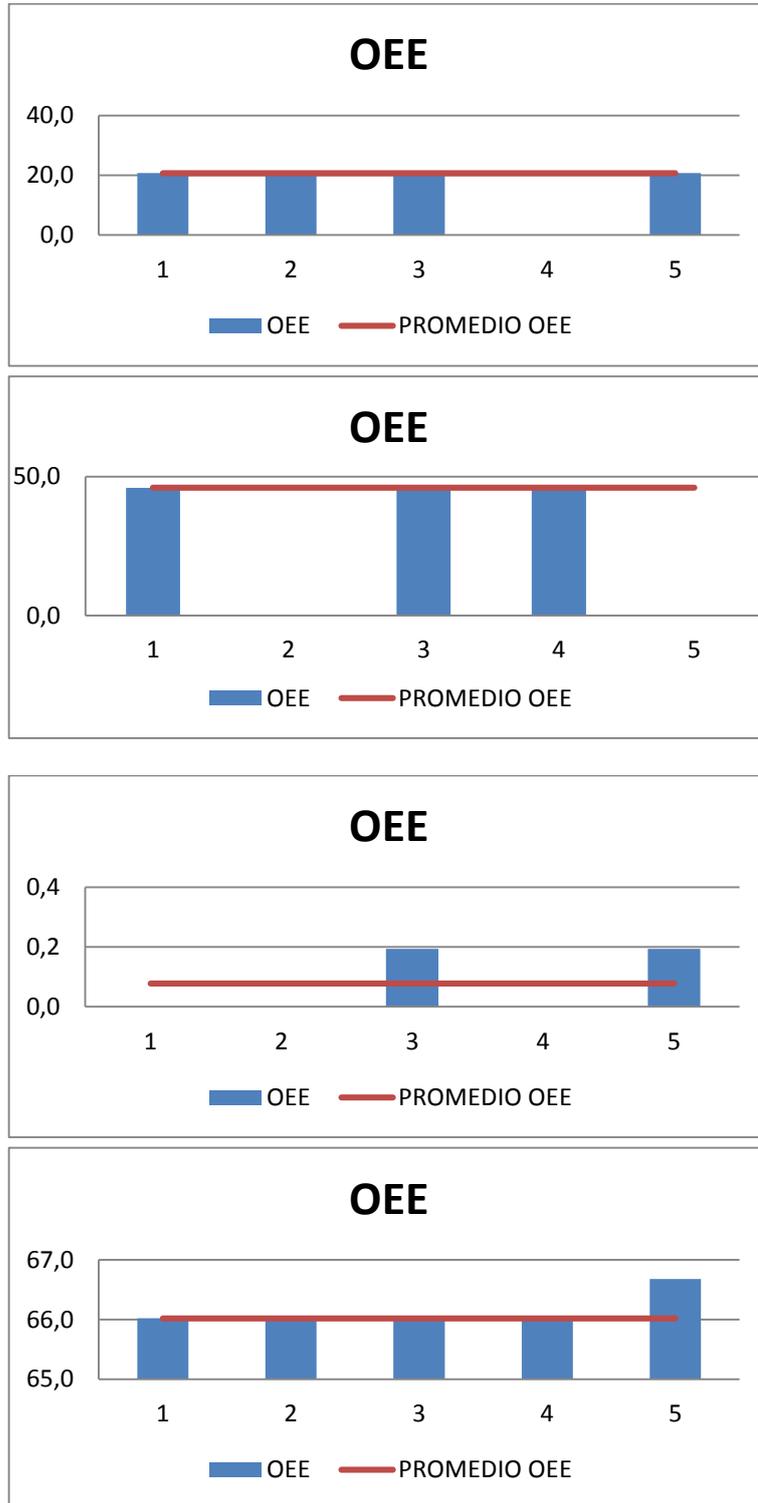
COMPARACIÓN DE FUNCIONES MAQUINADOS

	Sin OEE	Con OEE	ahorro
Horas hombre	515 h.	133 h.	382 h.
Tiempos de entrega	inmediatos	inmediatos	-----
Costo operador 1	\$900,00	\$900,00	\$0,00
Costo operador 2	\$900,00	\$900,00	\$0,00
Costo operador 3	\$900,00	\$900,00	\$0,00
Costo operador 4	\$900,00	\$900,00	\$0,00
Costo operador 5	\$900,00	\$900,00	\$0,00

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Nota: Siendo otra de las áreas de respuesta rápida de la empresa, pero a la vez una de las que muestra un nivel muy inferior de índices de trabajo, debido a su poca demanda interna, se manifiesta que no se aprovecha su existencia y resulta un despilfarro en cantidad de operadores, tiempo y energéticos

Ilustración 23: OEE Fluctuación de la eficiencia



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

4.2.18 BAROLADO

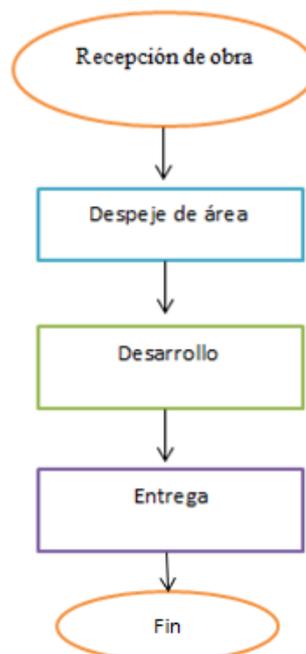
Es el proceso mediante el cual se dobla el metal cuya presentación es generalmente en plancha, la misma que debe ser doblada hasta tomar una forma cilíndrica utilizando dos o tres rodillos.

4.2.19 Mapa del proceso

1. **Recepción de obra:** Ingreso del cuerpo metálico al área de barolado.
2. **Despeje de área:** Por motivos de seguridad el área donde se llevará a cabo el proceso de barolado de las hojas de acero es totalmente despejada dejando únicamente los implementos estrictamente necesarios.
3. **Inicio de actividad/entrega:** La actividad inicia tomando una plancha de acero y sometiéndola a presión en rodillos hasta obtener una forma circular.

4.2.20 Diagrama de flujo

Ilustración 24 Diagrama de flujo barolado



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Tabla 29 Comparación de funciones. Barolado

BAROLADO

	Sin OEE	Con OEE	ahorro
Horas hombre	5450 h.	2725 h.	2725 h.
Tiempos de entrega	10 días	5 días	5 días
Costo operador 1	\$450,00	\$225,00	\$225

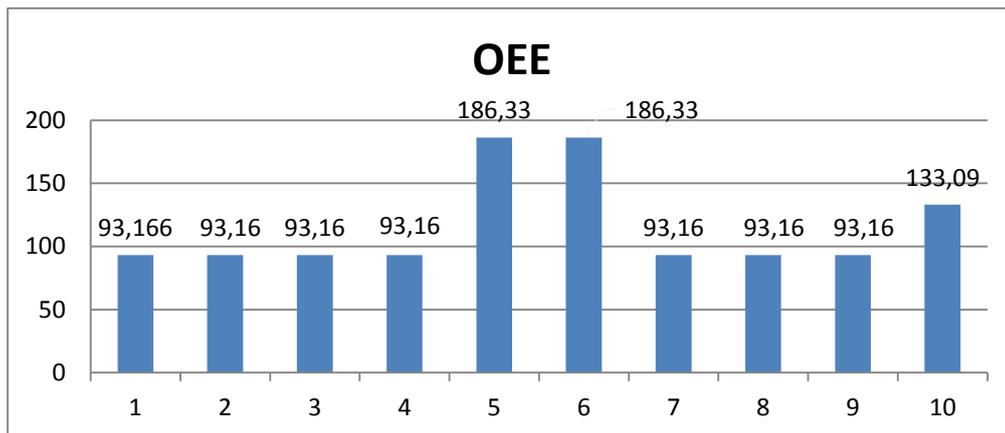
Nota: Tomando en cuenta cambios de operadores

Fuente: tabla 8

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

4.2.21 Fluctuación de la eficiencia

Ilustración 25: Ilustración de eficiencia



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

*Los valores que superan a 100% indica días que sobrepasan las expectativas de producción

4.2.22 ANÁLISIS DE MEJORA.

En ocho de los diez días de análisis se obtiene una lectura similar entre sí, más hay un considerable cambio en el día cinco y seis, teniendo en cuenta que se emplearon la misma

cantidad de recursos que en los otros eventos, siendo la única diferencia que se cambió de operador.

4.2.23 GRANALLADO

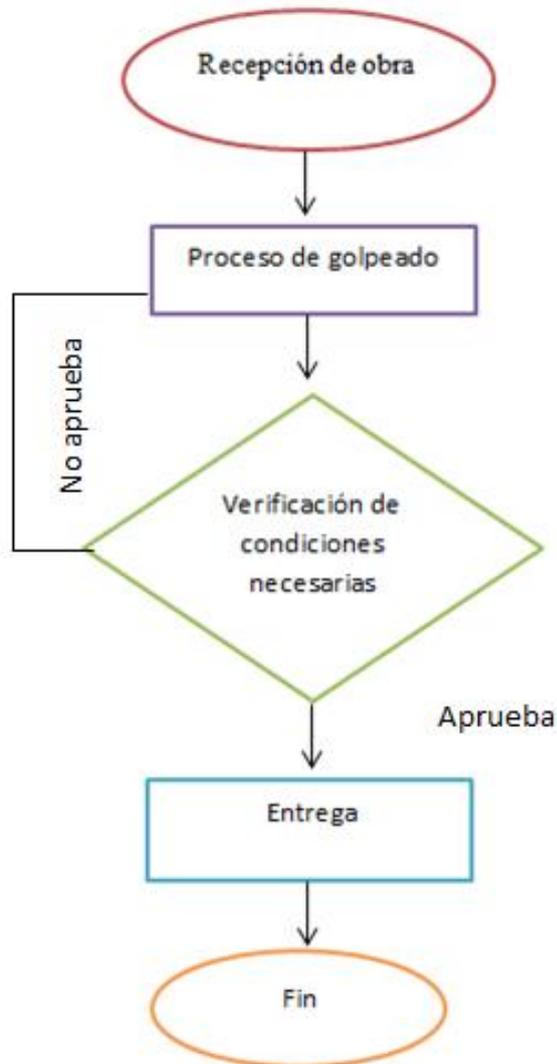
Es el proceso mediante el cual utilizando arena se procede a alisar una superficie de metal a base de golpeado continuo con martillos de goma, a fin de eliminar del plano a trabajar de óxido u otros contaminantes que le impidan ser apta para el proceso de pintura.

4.2.24 Mapa de proceso

- 1. Recepción de obra:** Ingreso del cuerpo metálico al área de granallado.
- 2. Proceso de golpeado:** Se procede a golpear el cuerpo metálico con arena en forma manual.
- 3. Verificación de condiciones necesarias:** Determinar que el metal llevo a cumplir los requerimientos en cuanto a textura y tonalidad adecuados o exigidos para la siguiente etapa.
- 4. Entrega:** Entrega de la obra para proceder a la siguiente etapa.

4.2.25 Diagrama de flujo

Ilustración 26 OEE fluctuación de la eficiencia



Elaborado por: Renato Tenemaza V.

Al ser un proceso de larga duración pero con una sola acción durante su desarrollo resulta sencilla de describir, al igual que su proceso de control de calidad.

4.2.26 TIEMPO/INVERSIÓN DE TANQUE 2771

Tabla 30 Tiempo/inversión de tanque 2771

ETAPAS	CON OEE	SIN OEE
SOLDADURA KW HORA	480	1080
INSUMOS:		
Argón	(90 u) 450	(140 u)750
Pintura:		
Tipo 1	160	160
Tipo 2	220	220
Tipo 3	340	340
MAQUINADO KW HORA	2560	2560

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

***Nota:** Este análisis se realizó con valores mensuales.

4.2.27 COSTOS MANO DE OBRA

Tabla 31 Detalle de trabajo en mano de obra

ETAPAS	COSTOS				PORCENTAJE DE REDUCCIÓN DE COSTOS
	SIN OEE		CON OEE		
SOLDADURA	26,160		21,800		16,7 %
BAROLADO	800		266.66		77,33 %
GRANALLADO	38,400		28,800		25 %
PINTURA	28,800		21,660		24,82 %
MAQUINADO	*31,200	9,422	*23,400	7,066.66	25 %
TOTAL M.O.	103,582.00		93,746.66		10 %
AHORRO	9,835.34				

*Costo anual/costo para obra en análisis

Elaborado por: Renato Tenemaza V.

CONCLUSIONES

- Durante el proceso se notó el bloqueo del estudio por parte de los colaboradores de la empresa, por su resistencia a los cambios planteados por el proyecto, pues la aplicación del OEE significaba para ellos realizar un trabajo más serio y controlado, lo que les equivaldría a no malgastar el tiempo de la empresa.
- Se recibió gran apertura por parte de los supervisores de planta, puesto que se carecía del conocimiento claro de la capacidad instalada y con los primeros resultados obtenidos se demostró la gran deficiencia que se posee, dando a entender que solo se utilizaba el 27 % de la capacidad instalada en el área de maquinados y el 44 % en el área de soldadura, siendo estos tomados como ejemplos más válidos.
- Cuando la planta empezó a rendir con el sistema aplicado, se redujeron los costos en un 66,66 % en el caso de soldadura, se redujo el tiempo de entrega de obra y se mejoró la capacidad de planeación a un 33,33 % del original establecido. En el análisis de resultados encontramos variaciones significativas en las diferentes etapas analizadas, el método OEE generó cambios considerables en cuanto a organización dentro de la planta a más de generar conocimiento sobre su capacidad instalada.

RECOMENDACIONES

- Una vez aplicado el OEE se recomienda utilizar métodos administrativos en el área de recursos humanos, para reducir despilfarros de tiempos que recaen en los factores humanos y no técnicos
- Conocido el movimiento de trabajo en ciertas secciones de la empresa y notando que no poseen un carga laboral constante, se podría sugerir ofrecer los servicios de maquinados y pintura a terceros ya que este ocupa solo el 25,82 % del tiempo de producción disponible en maquinados y en pintura el 27,29 % del día.
- Buscar continuamente mejorar los records de producción establecidos ya que con el presente análisis se ha demostrado que es factible optimizarlas utilizando técnicas administrativas de producción, pues se complementaría la parte técnica y logística, generando cronogramas de producción donde se fijen las fechas de culminación, dejando un margen de error que sea aceptable, sin llegar a perjudicar el cumplimiento en la entrega de obras y estudiar tiempos de requisición para buscar la manera de reducirlos porque son la etapa donde más despilfarro de tiempo se da y esta podría ser inmediata.

BIBLIOGRAFIA

- DEKKER, R., et al. "Improving order – picking Response Time at Ankor´s ware house" interfaces 34, num. 4 (Julio-agosto de 2004)
- LARSON, S., "Extreme makeover- Or Edition". Nursing Management (noviembre 2005)
- RENDER, B., "Principios de Administración de Operaciones "Pearson Education (mayo 2009)
- PALACIOS, L., "Ingeniería de métodos, movimientos y tiempos" (agosto del 2009)
- NIEBEL, B., "Motion and Time Study" "Métodos, Tiempos y Movimiento" (febrero de 1988)
- CHIAVENATO, I., "Gestión de Talento Humano" (septiembre 1999)

LINKOGRAFIA

- Menéndez, G., 13 feb. 2014 <http://prevenblog.com/las-7-mudas/> (Descargado 07/07/2015,
- Guerra, J., 24/06/2015 <http://www.gestiopolis.com/concepto-de-optimizacion-de-recursos/> (Descargado 24/08/2015)
- mtmingenieros 11/11/2014 <http://mtmingenieros.com/> "Las claves del éxito de Toyota", s.f. **Medida de la mejora OEE, s.f.** Descargado, 07/07/2015, de <http://mtmingenieros.com/knowledge/medida-de-la-mejora-oeef/>
- Definición de Actualizado 2014 <http://definicion.de/gestion/>, [Concepto de gestión - Definición, Significado y Qué es](http://definicion.de/gestion/#ixzz3uhgEFWEU) s.f. Descargado 06/08/2015, de <http://definicion.de/gestion/#ixzz3uhgEFWEU>

Gestión de la producción- valor y empresa.com s.f. Publicado 2010, Descargado 12/08/2015, de http://www.valoryempresa.com/archives/tutoriales/produccion_u1/

Definición de <http://definicion.de/gestion/>, Actualizado 2014 [Concepto de gestión - Definición, Significado y Qué es](#) Definición de gestión s.f. Descargado 12/08/2015, de <http://definicion.de/gestion/#ixzz3uhkDTmbV>

Definición de <http://definicion.de/eficacia/> Actualizado 2014, [Concepto de gestión - Definición, Significado y Qué es](#) Definición de eficacia s.f. Descargado el 12/ 08/2015 de

<http://definicion.de/eficacia/#ixzz3uhl40x00>

ANEXOS

Anexo 1 Torno de maquinado



Anexo 2 Pig launcher finalizado tipo de suelda GTAW-SMAW de 2", 4" y 6"



Anexo 3 Palomier en proceso tipo de suelda GMAW 12MM-SA516



Anexo 4 Intercambiado en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 38 MM-A36



Anexo 5 Tanque en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 19 MM-SA516



Anexo 6 Tanque en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 19 MM-SA516



Anexo 7 Tanque en proceso tipo de suelda SMAW ESPESOR 19 MM-SA516



Anexo 8 Tanque en proceso tipo de suelda SAMW 38MM-A36



Anexo 9 Puntos de suelda tipo GTAW 16 MM-SA516



Anexo 10 Brida en proceso tipo de suelda SAMW ESPESOR 38MM-A36



Anexo 11 Granallado



Anexo 12 Soldadura



Anexo 13 Pintura

