



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN EL
TREN 2 DE LA EMPRESA NOVACERO PLANTA LASSO PARA SU
MEJORAMIENTO CONTINUO”**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de
INGENIERO INDUSTRIAL

Autor:

Peñarreta Flores Roberto Geovanny

Tutor:

Ing. Tello Córdor Ángel Marcelo

LATACUNGA - ECUADOR

AGOSTO- 2018



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“ Yo Roberto Geovanny Peñarreta Flores declaro ser autor del presente proyecto de investigación: **Estudio Del Proceso De Fabricación De Perfiles Laminados En El Tren 2 De La Empresa Novacero Planta Lasso Para Su Mejoramiento Continuo**, siendo el Ing. Ángel Marcelo Tello Córdor tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....
Roberto Geovanny Peñarreta Flores

Número de C.I. 080344441-3



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN



Universidad
Técnica de
Cotopaxi



Ingeniería
Industrial

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“Estudio Del Proceso De Fabricación De Perfiles Laminados En El Tren 2 De La Empresa Novacero Planta Lasso Para Su Mejoramiento Continuo”, de Roberto Geovanny Peñarreta Flores estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Julio, 2018

El Tutor


.....
Ing. Ángel Marcelo Tello Córdor



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS; por cuanto, el postulante Roberto Geovanny Peñarreta Flores con el título de Proyecto de titulación: Estudio Del Proceso De Fabricación De Perfiles Laminados En El Tren 2 De La Empresa Novacero Planta Lasso Para Su Mejoramiento Continuo han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Julio, 2018

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Nombre: Ing. Hernán Navas
CC: 0500695549

Lector 2
Nombre: Ing. Medardo Ulloa
CC: 1000970325

Lector 3
Nombre: Ing. Xavier Espín
CC: 0502269369

CARTA AVAL DE PROYECTO I



Latacunga-Cotopaxi, 02 de Marzo del 2018

Ing. Danny Sandoval
JEFE NACIONAL DE CALIDAD
Presente-

Notificamos que la empresa NOVACERO S.A. Lasso, apoya la relación del proyecto "ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN EL TREN 2 DE LA EMPRESA NOVACERO PLANTA LASSO PARA SU MEJORAMIENTO CONTINUO" llevado a cabo por el señor PEÑARRETA FLORES ROBERTO GEOVANNY, estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en los meses comprendidos desde Octubre 2017 hasta Agosto 2018.

Declaramos conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del Proyecto, estando conformes con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad de Cotopaxi.



CARTA AVAL DE PROYECTO II



Latacunga-Cotopaxi, 02 de Marzo del 2018

Ing. Cristina Changoluisa

JEFE DE CONTROL DE CALIDAD PLANTA LASSO

Presente.-

Notificamos que la empresa NOVACERO S.A. Lasso, apoya la relación del proyecto "ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN EL TREN 2 DE LA EMPRESA NOVACERO PLANTA LASSO PARA SU MEJORAMIENTO CONTINUO" llevado a cabo por el señor PEÑARRETA FLORES ROBERTO GEOVANNY, estudiante de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en los meses comprendidos desde Octubre 2017 hasta Agosto 2018.

Declaramos conocer y aceptar los términos y condiciones previstas para la ejecución del Proyecto, estando conformes con todas aquellas actividades que se prevean realizar con nuestro apoyo.

Sin otro particular, saludos cordiales a la prestigiosa Universidad de Cotopaxi.

Atentamente,



Ing. Cristina Changoluisa

AGRADECIMIENTO

A mi alma máter, la Universidad Técnica de Cotopaxi, por abrirme las puertas en tal prestigiosa y excelente institución educativa.

A mi tutor, Ing. Marcelo Tello, quien me ayudó con su experiencia durante el desarrollo de mi proyecto.

A Renato Pérez, docente de la Universidad y excelente amigo, que me guio en el proceso de titulación.

A mi jefa de pasantías en Novacero S.A. y ejemplo de profesional íntegro y capaz, Ing. Cristina Changoluisa por brindarme la oportunidad de desarrollar la investigación en la organización con su total apoyo.

Y como no agradecer a mi familia, Msc. Lorena Flores, mi madre querida e incondicional, y al Ing. Geovanny Peñarreta, el pilar de fortaleza en mi hogar, por permitirme la oportunidad de estudiar y conseguir mi título universitario con su apoyo incondicional.

ROBERTO

DEDICATORIA

Le dedico éste trabajo a mi mami Lorena y a mi papi Geovanny, quienes nunca han dejado de ninguna manera que desmaye en mis metas y todo el esfuerzo que hice durante mi carrera universitaria tuvo como motivación su apoyo incondicional. Y de igual manera a mis hermanos Juan Pablo y Andrea a quienes les deseo la misma fortaleza para continuar con sus metas.

ROBERTO

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iv
CARTA AVAL DE PROYECTO I.....	v
CARTA AVAL DE PROYECTO II	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA.....	viii
ÍNDICE GENERAL.....	ix
ÍNDICE DE ANEXOS	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES	xiv
ÍNDICE DE ECUACIONES	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
AVAL DE TRADUCCIÓN.....	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. JUSTIFICACIÓN.....	3
3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5. OBJETIVOS.....	6

5.1. Objetivo General.....	6
5.2. Objetivos específicos.....	6
6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:.....	7
7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA.....	10
7.1. ANTECEDENTES	10
7.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	15
7.2.1. Productividad.....	15
7.2.2. Medición de la productividad.....	15
7.2.3. Manufactura Esbelta.....	16
7.2.4. Los siete desperdicios que identifica la manufactura esbelta	17
7.2.5. Herramientas de la Manufactura Esbelta.....	20
7.2.6. OEE: Desempeño Total Del Equipo (Overall Equipment Effectiveness).....	22
7.2.7. SMED (Single Minute Exchange of Die) Cambio rápido de trabajo	26
8. HIPÓTESIS	30
8.1. Variable dependiente	30
8.2. Variable independiente	30
9. METODOLOGÍA.....	30
10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS)	32
10.1. Aplicación del E.R.P.	32
10.2. Aplicación del C.R.T.	37

10.3. Aplicación del E.R.P. luego de la mejora.....	40
11. IMPACTOS.....	43
11.1. Impacto técnico.....	43
11.2. Impacto económico.....	43
12. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE PROYECTO	44
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
13.1. CONCLUSIONES.....	45
13.2. RECOMENDACIONES	45
14. BIBLIOGRAFÍA	46
15. ANEXOS	48

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A. Hoja de vida del autor.....	48
ANEXO B. Hoja de vida del tutor.....	49
ANEXO C. Defectos visuales ángulos	50
ANEXO D. Defectos visuales Pletinas.....	50
ANEXO E. Carta de Control.	51
ANEXO F. Resumen del plan de producción del mes de diciembre 2017.	52
ANEXO G. Elementos de los stands (Cilindros)	52
ANEXO H. Elementos de los stands (Casetas)	53
ANEXO I. Elementos de los stands (Stands de desbaste).....	53
ANEXO J. Stand 20, acabador	54
ANEXO K. Elementos de los stands (Guías de entrada y salida)	54
ANEXO L. Ejemplo de cambio de stand en otra línea de producción	54
ANEXO M. Choque de palanquilla en Stand 20.....	55
ANEXO N. Acople de guía de salida. Turno Nocturno	56
ANEXO O. Producto en mesa de enfriamiento.....	56
ANEXO P. Registro de carta del 07/12/2017.....	57
ANEXO Q. Registro de carta del 04/12/2017.	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de Producto no conforme en el TREN 2	5
Tabla 2: Actividades planteadas en función de los objetivos específicos.	7
Tabla 3. Las 6 grandes pérdidas de la productividad	25
Tabla 4. Metodología utilizada.....	30
Tabla 5. Datos obtenidos de la carta de control.....	33
Tabla 6. Tonelajes de producción.....	35
Tabla 7. Tonelajes de no conformidad.	35
Tabla 8. Actividades de cambio de producto.	37
Tabla 9. Propuestas de mejora para las actividades.....	38
Tabla 10. Actividades de cambio de producto (tiempos propuestos).....	39
Tabla 11. Actividades de cambio de producto (tiempos propuestos).....	40
Tabla 12. Tiempos con cambio de actividades internas a externas.	40
Tabla 13. Presupuesto.....	44

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. LayOut del proceso de producción del TREN 2	14
Ilustración 2. Beneficios del SMED	27
Ilustración 3. Esquema SMED de reducción de tiempos	28
Ilustración 4. Pareto de las causas de tiempo no laborado	36

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1	16
Ecuación 2	24
Ecuación 3	24
Ecuación 4	25
Ecuación 5	25
Ecuación 6	32
Ecuación 7	35
Ecuación 8	35
Ecuación 9	36
Ecuación 10	42
Ecuación 11	42

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN EL TREN 2 DE LA EMPRESA NOVACERO PLANTA LASSO PARA SU MEJORAMIENTO CONTINUO.

Autor:

Peñarreta Flores Roberto

RESUMEN

En la empresa Novacero planta Lasso se realiza el proceso de laminado de perfiles estructurales en una línea de producción llamada TREN 2 donde se obtienen perfiles laminados en caliente. La línea de producción presentó varios inconvenientes en términos de calidad y esto trajo como consecuencia que deban ocurrir múltiples reprocesos de producción que afectaron a los planes de producción mensuales y elevaron los costos generales. Se implementaron 2 herramientas de la manufactura esbelta, el Overall Equipment Effectiveness (O.E.E.), siglas que en español consisten en Eficiencia Real de Producción (E.R.P), con la que se midió la productividad durante el proceso de laminación en función de la calidad, disponibilidad y rendimiento de la maquinaria utilizada en la línea de producción estableciendo indicadores de productividad reales. La otra herramienta fue la Single Minute Exchange of Die (S.M.E.D), que en español sus siglas son Cambio Rápido de Trabajo (C.R.T), que sirvió para reducir los tiempos de cambio de producto y alistamiento de máquinas transformando las actividades que normalmente son consideradas internas a externas. La implementación de la herramienta S.M.E.D. aumentó la productividad y calidad en un 15%, mediante el indicador E.R.P. establecido por el incremento de la disponibilidad de la maquinaria, reducción las cantidad de producto no conforme y permitiendo un rendimiento óptimo de la línea de producción.

Palabras clave: Productividad, Calidad, Manufactura Esbelta, Indicadores, Cambio rápido de trabajo.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

THEME: PROCESS OF MANUFACTURING STUDY FROM LAMINATED PROFILES IN THE TREN 2 AT “NOVACERO” FACTORY, LASSO TOWN, FOR ITS CONTINUOUS IMPROVEMENT.

Author:

Peñarreta Flores Roberto

ABSTRACT

In “Novacero” factory, at Lasso town, takes place the laminating structural profiles process inside a production line named TREN 2 where can get hot laminated profiles. The line of production has presented many obstacles in quality terms and this brought it a consequence into different process of production occurred that affected the monthly plan production and increased the general costs. Two lean manufacturing tools were implemented, the Overall Equipment Effectiveness (O.E.E), acronym that in Spanish means Eficiencia Real de Producción (E.R.P), which the productivity was measured during the lamination process depending on the quality, availability and performance of the machinery used in the production line setting real productivity indicators. The another tool was the Single Minute Exchange of Die (S.M.D.E), which in Spanish means Cambio Rápido de Trabajo (C.R.T), this tool was used to reduce the changing times of products and enlistment of machines transforming the common activities which are considerate internal and external. The implementation of the S.M.E.D tool, increased the productivity and quality in a 15%, through the indicator E.R.P established by the increase of the machinery availability, reduction of the non-compliant product amount and allowing an optimum performance of the production line.

Keywords: Productivity, Quality, Lean Manufacture, Indicators, Fast work change.



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en forma legal **CERTIFICO** que: la traducción del resumen para el proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por el señor de la Carrera de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas: **PEÑARRETA FLORES ROBERTO GEOVANNY**, cuyo título versa **“ESTUDIO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES LAMINADOS EN EL TREN 2 DE LA EMPRESA NOVACERO PLANTA LASSO PARA SU MEJORAMIENTO CONTINUO”**, lo realizó bajo mi supervisión y cumple con la correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo en cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al peticionario hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimase conveniente.

Latacunga, 24 de Julio del 2018

Atentamente:

Lcda. Lidia Rebeca Yugla Lema

DOCENTE DEL CENTRO DE IDIOMAS

C.I. 0502652340



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“Estudio del proceso de fabricación de perfiles laminados en el TREN 2 de la empresa Novacero planta Lasso para su mejoramiento continuo”.

Fecha de inicio: 11 de octubre del 2017

Fecha de finalización: Agosto del 2018

Lugar de ejecución:

La propuesta se implementará en la empresa Novacero Planta Lasso, ubicada en el Kilómetro 16 de la Panamericana Norte, en la parroquia Tanicuchi, ciudad de Latacunga que se encuentra en la provincia de Cotopaxi correspondiente a la Zona 3.

Facultad que auspicia

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas.

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería Industrial.

Proyecto de investigación vinculado:

No aplica a ningún proyecto vigente.

Equipo de Trabajo:

Peñarreta Flores Roberto Geovanny/**Autor del proyecto investigativo**

Hoja de vida, ver **Anexo A.**

Ing. Mg. Ángel Marcelo Tello Córdor/**Tutor del proyecto investigativo**

Hoja de vida, ver **Anexo B.**

Área de Conocimiento:

El proyecto investigativo se basa en la nomenclatura de la UNESCO mostrada a continuación:

33 Ciencias tecnológicas

3310 Tecnología Industrial

5311 Organización y Dirección de Empresas

5311 03 Estudios Industriales (UNESCO, 2015)

Objetivos del Plan Nacional del buen Vivir

La investigación se concatena con el objetivo N° 5 de Plan Nacional del Buen Vivir que define impulsar la Productividad y Competitividad para el crecimiento Económico Sustentable.

Línea de investigación:

La línea de investigación corresponde a los Procesos Industriales.

Sub líneas de investigación de la Carrera:

La sub línea a la cual se apegó el proyecto corresponde a los Procesos Productivos.

2. JUSTIFICACIÓN

La investigación se justifica en base a una problemática encontrada en la línea de producción del TREN 2, más específicamente en el material de segunda que es enviado diariamente a chatarra, cuya causa son los defectos encontrados en el producto terminado. Entre los más comunes tenemos: defectos visuales; alas desiguales; producto con rebabas; producto oleado; producto con lomo redondo; producto torcido; producto con mal corte según el catálogo de defectos mencionados en el MT-NC-01 y medidas fuera de especificaciones según las normativas legales vigentes de calidad en función de las normas INEN 2222, 2224 y 2234.

A diario las inspecciones de calidad arrojan resultados desfavorables para la empresa, puesto que aunque se cumple la planificación mensual de producción, el reproceso del material de segunda involucra costos extraordinarios de producción que afectan directamente a la productividad de la empresa. Además, el tiempo de producción se eleva debido a las paras, de hasta 1 día, de la línea cada vez que se realiza un cambio de producto.

Los inconvenientes reportados por los inspectores de calidad en las cartas de control, reportes de salidas no conformes, y que además están relacionados con los defectos visuales y medidas fuera de especificaciones, se remontan a problemas con los Stands, siendo las matrices por donde pasan los productos para adquirir su forma y medida predeterminada por el plan de producción. Se encontró reincidencia de causas en los últimos Stands que dan el acabado al producto, para ser específicos del Stand 15 a Stand 20 que es el acabador. Entre las causas de los inconvenientes encontrados se reportan: desajustes; calibraciones mal ejecutadas; desgaste y deterioro de los elementos que conforman cada Stand. Es justo en los Stands mencionados donde se realiza el acabado del producto según sus características, por lo que se necesitan hacer cambios de elementos para cada producto y ese cambio conlleva un tiempo de aproximadamente 8 horas de para del proceso de producción, ergo se aplicarán las herramientas de la manufactura esbelta en estas máquinas que determinan el acabado de los productos.

La productividad del TREN 2 se ve afectada de forma directa por los problemas mencionados, por consecuente afecta la calidad de los productos. Actualmente no existe un indicador específico para cuantificar estos inconvenientes por lo que es necesario aplicar uno, que sea de bajo costo y cuyos resultados sirvan de insumo para realizar las mejoras necesarias en la línea base y, consecutivamente un plan de acción mediante otra herramienta la cual reduzca los tiempos de alistamiento de maquinaria y cambio de producto maximizando la producción. Las

herramientas requeridas son el E.R.P. y el S.M.E.D. Se tratan de herramientas de manufactura esbelta que buscan utilizar los mínimos recursos económicos para mejorar los procesos de plantas industriales mediante el manejo de técnicas sencillas, de lógica en su mayoría, y que apuntan a una mejora continua al aplicarse consecutivamente.

La propuesta descrita pretende incrementar al menos un 15% de la productividad, que es el estándar de mejora considerando implementaciones del E.R.P. y el S.M.E.D. a nivel mundial según lo afirma (**Producción, 2010**), en función de la calidad en el TREN 2 y comparándose con la línea base obtenida por medio del indicador de productividad E.R.P, al principio de la investigación. Considerando que la pérdida económica que involucra el material enviado a chatarra en los meses desde Septiembre hasta Diciembre del 2017 es de \$ 493.064,61 correspondientes a 289,9 toneladas, se estima que reducir los reprocesos y mejorar la productividad en función de la calidad son beneficios para Novacero, con un costo de inversión relativamente bajo, y que permitirá obtener resultados favorables en un mediano plazo.

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Directos:

El beneficiario directo de la propuesta es el área de producción de la empresa Novacero Planta Lasso, aumentando su productividad. El departamento consta de 48 colaboradores en la línea de producción TREN 2 distribuidos en 3 turnos.

Indirectos:

Dentro de la misma empresa el beneficiario indirecto es el área de calidad, reduciendo la cantidad de material de segunda en el producto terminado. El departamento de calidad consta de 3 colaboradores en la línea de producción TREN 2 distribuidos en 3 turnos.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Planteamiento del problema

En la empresa Novacero Planta Lasso se determinaron varios problemas de productividad en función de la calidad como defectos visuales donde intervienen: alas desiguales; producto con rebabas; producto oleado; producto con lomo redondo; producto torcido; producto con mal

corte según el catálogo de defectos y medidas fuera de especificaciones según las normativas legales vigentes de calidad en función de las normas INEN 2222, 2224 y 2234.

Y en términos de producción, refiriéndose a los reprocesos, los problemas mencionados afectan a los planes de producción mensuales de tal manera que se desperdicia materia prima y se generan altas pérdidas económicas donde históricamente se tiene:

Tabla 1. Datos de Producto no conforme en el TREN 2

MESES (2017)	PRODUCTO NO CONFORME (Ton)	PORCENTAJE EN FUNCIÓN A LA PRODUCCIÓN REAL	PÉRDIDAS
Septiembre	37,64	0,64%	\$ 61.425,74
Octubre	330,24	10,46%	\$ 153.124,57
Noviembre	81,18	1,89%	\$ 130.619,84
Diciembre	84,54	3,46%	\$ 147.894,46

Fuente: (NOVACERO, 2012)

Elaborado por: Roberto Peñarreta

La tabla 1 nos indica el tonelaje de producto no conforme en el TREN 2 y las pérdidas que se generan al enviar este producto a reproceso en lugar de comercializarlo obteniendo un total de \$493.064,61 en los meses comprendidos entre septiembre y diciembre del año 2017.

Formulación del problema

Luego de analizar la problemática se plantea la siguiente interrogante:

¿Cómo mejorar la productividad y calidad en la línea de producción TREN 2?

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo General

Estudiar el proceso de fabricación de perfiles laminados en el TREN 2 de la empresa Novacero planta Lasso, mediante el uso de las herramientas de manufactura esbelta (E.R.P.) y (C.R.T.), para su mejoramiento continuo.

5.2. Objetivos específicos

- Determinar el indicador de E.R.P. para medir la productividad en el TREN 2.
- Aplicar la herramienta C.R.T. para la reducción del tiempo de alistamiento de máquinas y cambio de producto en el TREN 2.
- Evaluar la efectividad de la propuesta de aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en el TREN 2 para la determinación de la mejora en su productividad.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS:

Tabla 2: Actividades planteadas en función de los objetivos específicos.

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	MÉTODOLÓGÍA
Determinar el indicador de E.R.P. para medir la productividad en el TREN 2.	Determinar la cantidad de paradas por falla, operatividad o planificación.	Obtener las horas de trabajo consumidas realmente.	Extraer los datos de las cartas de control.
	Determinar la planificación de producción mensual y las horas planificadas de trabajo mensual.	Conocer las horas de trabajo y cantidad de producto planificados mensualmente.	Revisar el Híper K.
	Determinar el producto no conforme.	Conocer la cantidad de producto de segunda.	Extraer los datos de los reportes de salida no conforme y del análisis del producto no conforme.
	Calcular el índice de disponibilidad (ID) del Tren 2	Obtener el índice de disponibilidad del Tren 2	Utilizar la fórmula: $ID = \frac{\text{Horas de trabajo consumidas}}{\text{Horas de trabajo planificadas}}$
	Calcular el índice de rendimiento (IR) del Tren 2	Obtener el índice de rendimiento del Tren 2	Utilizar la fórmula: $IR = \frac{\text{Unidades de producto planificadas}}{\text{Unidades de producto producidas}}$
	Calcular el índice de calidad (IC) del Tren 2	Obtener el índice de calidad del Tren 2	Utilizar la fórmula: $IC = \frac{\text{Unidades de producto buenos}}{\text{Unidades de producto producidas}}$

	Calcular el E.R.P.	Obtener un índice de productividad real	Utilizar la fórmula: $E.R.P. = ID \times IR \times IC$
Aplicar la herramienta C.R.T. para la reducción del tiempo de alistamiento de máquinas y cambio de producto en el TREN 2.	Determinar los elementos de los stands del TREN.	Conocer que partes son las utilizadas para ensamblar las máquinas.	Revisar el método de trabajo MT-PRL-10.
	Determinar el proceso de alistamiento de maquinarias al cambiar de producto.	Establecer cuáles son las actividades externas y cuáles son las actividades internas.	Grabar un video al momento de realizar el cambio de producto.
	Determinar las actividades que necesitan que la maquinaria esté parada.	Obtener un cambio de actividades internas en externas.	Consideración de factores de seguridad de los colaboradores y operatividad de la maquinaria.

<p>Evaluar la efectividad de la propuesta de aplicación de las herramientas de manufactura esbelta en el TREN 2 para la determinación de la mejora en su productividad.</p>	<p>Implementar un ERP después de aplicar el SMED</p>	<p>Establecer una diferencia en el indicador ERP</p>	<p>Restar el porcentaje de ERP anterior con el nuevo.</p>
	<p>Determinar la mejora en la productividad y calidad de los productos.</p>	<p>Conocer la cantidad de productos buenos que produce en TREN 2.</p>	<p>Diferenciar la cantidad de producto de segunda obtenido antes de la implementación de las herramientas de la manufactura esbelta con respecto a la cantidad de producto no conforme actual.</p>
	<p>Determinar los beneficios de la implementación en función de costos.</p>	<p>Obtener un porcentaje de ahorro para Novacero.</p>	<p>Asignar costos al producto que se obtiene de la diferenciación del E.R.P. anterior y actual.</p>

Fuente: Elaboración propia

Elaborado por: Roberto Peñarreta

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICA TÉCNICA

7.1. ANTECEDENTES

(Progressa., 2016) Indica que:

En la actualidad todas las empresas tienen como objetivo principal el de reducir los costos y aumentar la competitividad; desde inicios de siglo el entorno industrial se ha caracterizado por la competitividad, la velocidad de los cambios y la inestabilidad de la demanda. Esto se debe al aumento de las exigencias de los clientes en mercados más estrictos, que requieren productos de calidad que se ajusten a las necesidades específicas, así como entregas más frecuentes y rápidas, esto se manifiesta en productos como los automóviles, electrodomésticos y equipo de cómputo principalmente.

En la actualidad el término de Manufactura Esbelta es muy utilizado en la industria debido a que es una filosofía de excelencia de manufactura y porque las empresas constantemente buscan herramientas y técnicas que le permitan elevar su competitividad dentro del mercado global.

A finales del siglo XIX surgió el primer pensamiento de la Manufactura Esbelta en el Japón por parte de Sakichi Toyoda, el fundador del Grupo Toyota.

Tras la crisis del petróleo de 1973 Toyota destacó por su sistema JIT o TPS mientras que muchas empresas japonesas incurrieron en pérdidas. Entonces, el gobierno japonés fomentó la extensión del modelo de Toyota a otras empresas y la industria japonesa empezó a desarrollar su ventaja competitiva. No fue hasta principios de los 90 cuando el modelo japonés llegó al occidente de la mano de una publicación de Wornak, Jones y Roos titulada "La máquina que cambió el mundo". Allí se explicaban las características de un nuevo sistema de producción que combinaba eficiencia, flexibilidad y calidad y se utilizaba por primera vez el concepto de Manufactura Esbelta.

Para (Ibarra Balderas & Ballesteros Medina)

La Manufactura Esbelta usa menos de todo y cuando es comparada con la manufactura tradicional en masa, usa la mitad del espacio de manufactura, la mitad de inversión en herramientas y la mitad de horas en ingeniería para desarrollar un nuevo producto. Además, requiere mantener menos de la mitad del inventario necesitado en planta, lo cual resulta en mucho menos defectos y se produce una más grande y creciente variedad de productos. Estas son algunas de sus estrategias que justifican su implementación.

Lo anterior justifica la necesidad de una mejor comprensión y conocimiento de las herramientas y técnicas desarrolladas que se conocen en conjunto como manufactura esbelta, las cuales han ido mejorando al paso del tiempo y han sido factor clave en el mejoramiento de la competitividad y calidad en muchos de los procesos de diferentes industrias alrededor del mundo. La importancia de dar a conocer este tema es porque se requiere que nuestro país alcance niveles de manufactura que compitan con los de otros países equiparándolos o tal vez superarlos y esto sólo es posible si se siguen los principios lean dentro de las empresas.

Para (Pérez , Marmolejo , Mejía , Caro, & Rojas, 2016)

En el sector de confecciones de la ciudad de Medellín en Colombia el Lead Time (tiempo de entrega) establecido en la investigación realizada por la universidad de Medellín no es concurrente con la realidad del sector. Los resultados obtenidos fueron deficientes, como lo demuestra la calificación de 40% en su indicador. Por lo tanto, se recomienda seleccionar el Lead Time como punto de evaluación y comparación para las empresas del sector. Adicionalmente, se sugiere que las empresas revisen el proceso para recortar tiempos de desplazamiento, tiempos de cola, tiempo de cambio de referencia con técnicas SMED y ayudarse con la implementación de tarjetas kanban que hagan un efecto Pull, con el fin de reducir el tiempo de entrega a los clientes.

Además, se establece una concurrencia en el uso de herramientas de la manufactura esbelta donde el S.M.E.D. se encuentra dentro siendo utilizada por 4 de las 15 empresas pioneras en el desarrollo de las herramientas de la manufactura esbelta o herramientas lean. Por otro lado, se estima que un O.E.E. de un nivel bueno a nivel mundial se aproxima al 85% sin embargo el estándar medido es de un 60% para ser aceptable.

Según (Castillo Rivadeneira, 2010)

En la ciudad de Esmeraldas se pueden constatar los beneficios que la implementación de herramientas de manufactura esbelta aporta a los sistemas productivos obteniendo como resultado el mejoramiento de la producción de un 19,76% en una empresa dedicada a la fabricación de bloques para la realización de construcciones. Y en relación a beneficios económicos éste beneficio representará \$16041,67 mensuales por la producción de bloques.

En la empresa Novacero se han implementado varios proyectos de mejora donde se involucran programas que se basan en la manufactura esbelta. La cultura de las 5's es uno de ellos y lleva en funcionamiento desde el año 2016 realizándose auditorías periódicamente con el fin de que la empresa se maneje bajo lineamientos de orden y limpieza y que buscan obtener un mayor rendimiento reduciendo las pérdidas de tiempos en ubicación de elementos y materiales que se interponen en el traslado de los colaboradores en su área de trabajo.

Otra implementación de mejora ejecutada en Novacero data del año 2014 en el cuál se realizó un estudio en el proceso de fabricación de pletinas en la línea de laminación de productos pequeños (L.P.P.) por parte de la ingeniera Cristina Changoluisa donde se mejoró su proceso mediante el control estadístico en la fabricación de perfiles de ésta línea en específico reduciendo la probabilidad de producirse defectos en sus productos a menos de 1% aumentando la capacidad de su proceso para satisfacer los requerimientos de los clientes.

“A su vez se mejoró la productividad del L.P.P. reduciendo a 0 las devoluciones y reclamos de clientes debido a producto no conforme y evitando así el reproceso del material devuelto”.

(CHANGOUISA CAMACHO, 2013)

El proceso metalúrgico de Novacero que empieza desde la recolección de la materia prima que por lo general es la chatarra, aunque a veces se importa del extranjero, continúa por el proceso de fundición y termina en la laminación en caliente por los trenes 1 y 2. Es en el TREN 2 donde se llevó a cabo la investigación del presente proyecto.

Acería

En el área es donde inicia el proceso de fabricación de la varilla, este proceso inicia a través de la recolección de la chatarra que se encuentra ubicada en el patio trasero de la planta en donde se la clasifica y se les da las especificaciones en medidas para que pueda ingresar al área de la acería; una vez que se cumplen con las indicaciones específicas la chatarra es transportada a través de postes ubicados estratégicamente y es dirigida al sistema constrip, que es una tecnología netamente moderna dentro de las acerías, para aprovechar el calor térmico del horno que ayuda a precalentar la chatarra, luego de realizarse este proceso la chatarra pasa así el horno a través de una banda transportadora en donde por medio de un arco eléctrico que tiene una potencia de 18Mw el cual ayuda a que la chatarra sea convertida en colada (líquida) en donde se encuentra a 1600 grados, la duración de la transformación del acero sólido a líquido dura

alrededor de 50 a 60 minutos, una vez que el acero en estado líquido alcanzado esta temperatura procede a ser traslado a la cuchara que a su vez se encarga de trasportar el acero líquido a los distintos puntos de la acería.

La capacidad máxima de la caldera es de 35 toneladas, esta parte de la planta trabaja o funciona durante la noche, ya que la cantidad de energía que utiliza para realizar este proceso es muy alta que si lo hicieran durante las horas pico podría ocasionar una caída de energía en la provincia, el mantenimiento a esta parte de fábrica se lo realiza durante dos días en los cuales se cambia motores, se engrasa las máquinas y se verifica que todo el sistema esté en perfectas condiciones, los motores utilizados para el funcionamiento de la acería trabajan a una frecuencia de 60 Hz.

Horno Cuchara

Es la segunda fase del proceso en donde una vez que el acero líquido se encuentra a una temperatura de 1600 se procede a darle una afinación al acero para que así cumpla con la resistencia del material, para esto se realiza aleaciones que pueden ser: ferro manganeso, ferro silicio, acrasita y el ferro vanadio, el horno cuchara cuenta con un sistema de anti-tracción en donde se realiza la inyección de hidrogeno que ayuda a homogenizar el acero, una vez que se cumpla con la condición química de cada colada de acuerdo a una tabla que maneja la empresa, las normas utilizadas para el proceso es la Norma INEN 2167 la cual se la utiliza para la creación de varilla, y para la creación de perfiles se utiliza la norma INEN 2215.

Pulpito

Esta es la etapa final dentro de la acería en donde se procede a enfriar el acero líquido y a transfórmalo en palanquilla con la ayuda de agua, las palanquillas salen de una longitud de 4 metros de distancia o dependiendo al pedido de los trenes de trasmisión, una vez que se realiza el corte de las palanquillas sale a través de un camino de rodillos a una mesa de evacuación en donde la palanquilla es totalmente enfriada, este proceso se lo realiza y es controlado automáticamente a través de programas llamados HMI y HPC con los cuales ayudan a facilitar el control del proceso.

Para comprender el proceso de fabricación de productos laminados en el TREN 2 se muestra en la figura 1 el LayOut que determina en forma general las actividades desarrolladas en la línea de producción.

En los puntos de inspección establecidos en el diagrama se indica el lugar donde se realizan los muestreos y recolección de datos que se reportan en los formatos establecidos como el F-NC.01 donde se reporta la cantidad de producto no conforme obtenido.

Los últimos Stands que se mencionan en la justificación del presente trabajo investigativo se encuentran en la sección de “Dar forma y medida definitiva al perfil” donde el acabador, que es la maquinaria por la que el producto pasa para obtener sus características finales, presenta problemas de ajuste y calibración errónea y por consecuencia se presentan los defectos mencionados en el catálogo de defectos.

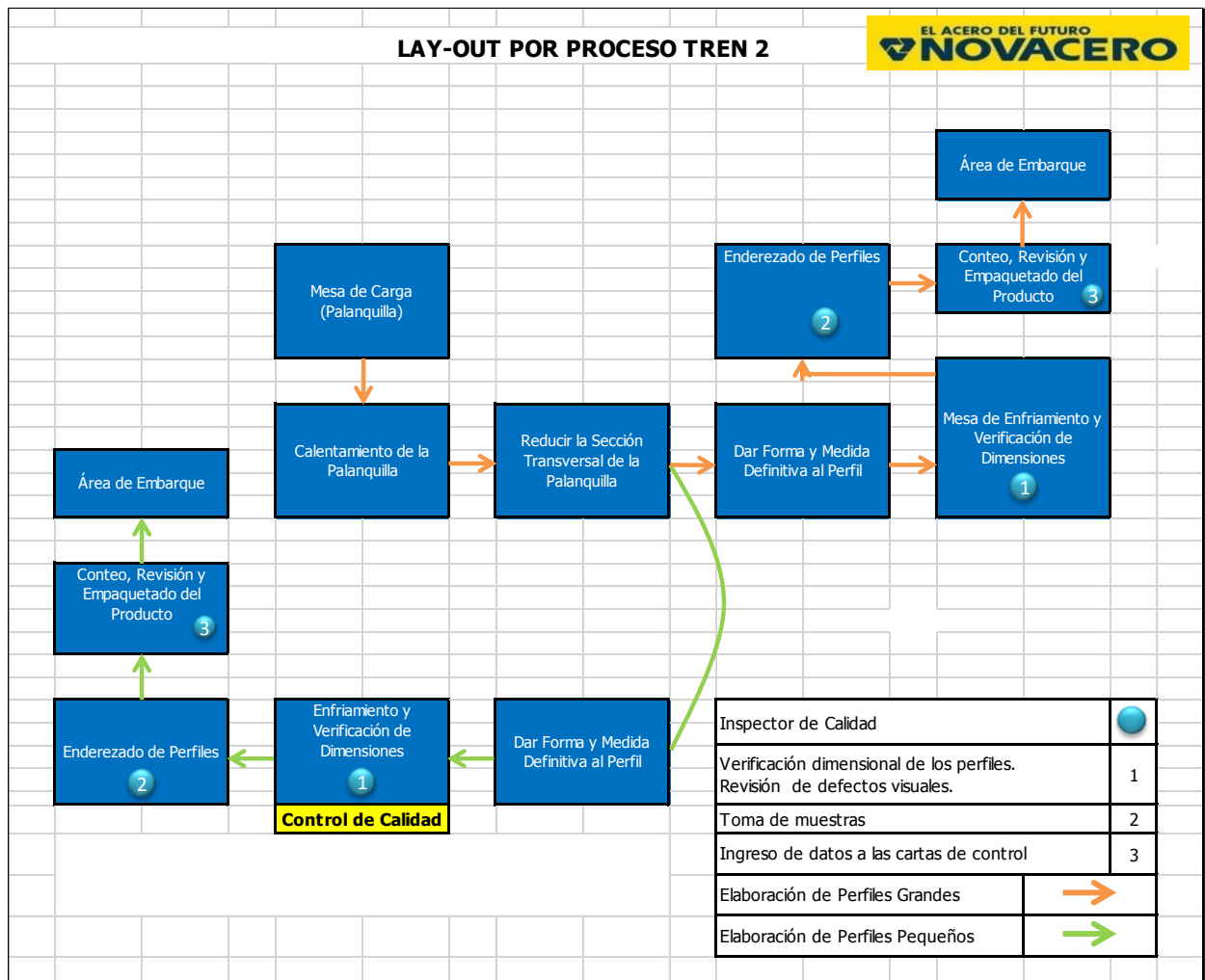


Ilustración 1. LayOut del proceso de producción del TREN 2

Fuente: (NOVACERO, 2012)

7.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

7.2.1. Productividad

Para (Chse & Jacobs, 2009)

La productividad es una medida común para saber si un país, industria o unidad de negocios utiliza bien sus recursos (o factores de producción). Como la administración de operaciones y suministro se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones. **Pg. 28**

Según (Alarcón, 2014)

La productividad se puede comparar en dos sentidos. En primer término, una compañía se puede comparar con operaciones similares del mismo sector o, si existen, puede utilizar datos del sector (por ejemplo, comparar la productividad de diferentes establecimientos de una misma franquicia). Otro enfoque sería medir la productividad de una misma operación a lo largo del tiempo. En este caso se compararía la productividad registrada en un período determinado con la registrada en otro. **Pg. 10**

La manera en la que será medida la productividad en el TREN 2 se basa en la comparación del indicador E.R.P., medido al principio de la investigación, con el mismo medidor luego de haber implementado el S.M.E.D. al final de la investigación. La razón de realizar este tipo de comparación radica en la aplicabilidad del E.R.P. para destacar los puntos fuertes de la productividad en un proceso que puede ser el rendimiento, la disponibilidad o la calidad.

7.2.2. Medición de la productividad

(Alarcón, 2014) Considera que:

Los indicadores clave de desempeño (KPI por sus siglas en inglés) deben estructurarse para ayudar a los administradores a predecir el desempeño económico de la compañía y detectar la necesidad de cambios en las operaciones. Las medidas financieras tales como el efectivo disponible del día y el ingreso operativo por unidad o división se utilizan junto con medidas no financieras tales como el tiempo promedio de respuesta a las llamadas de servicio, el tiempo de entrega para cumplir con los pedidos del cliente

y el porcentaje de las ventas de nuevos productos. La evaluación de que tan productivamente utiliza sus recursos una empresa es la base para los KPI. **Pg. 11**

Algunos ejemplos de medición de la productividad serían:

Ecuación 1

$$Medida\ Parcial = \frac{Producto}{Capital} \text{ O } \frac{Producto}{Capital} \text{ O } \frac{Producto}{Materiales} \text{ O } \frac{Producto}{Energía}$$

Medida Multifactorial =

$$= \frac{Producto}{Trabajo + Capital + Energía} \text{ O } \frac{Producto}{Trabajo + Capital + Materiales}$$

$$Medida\ Total = \frac{Producto}{Insumo} \text{ O } \frac{Bienes\ y\ servicios\ producidos}{Todos\ los\ recursos\ utilizados}$$

7.2.3. Manufactura Esbelta

Para **(Hernández & Vizán, 2013):**

En todo ámbito empresarial es muy común escuchar hablar de la metodología lean, pero ¿qué es manufactura esbelta?

Uno de los conceptos mejor estructurados y más simplificados es: Una manera simple de mejorar las operaciones o actividades de cualquier sistema de producción. Lean es hacer más con menos y con menos esfuerzo, (menos esfuerzo humano, menos equipamiento, menos tiempo y menos espacio), es un sistema integrado de principios y métodos, una filosofía de gestión de la empresa que lleva a la perfección de todo el sistema.

Si su implementación se lleva a cabo de manera correcta, la empresa tendrá como resultados la eliminación de todas las operaciones que no agreguen valor al producto, servicio y a procesos, el aumento del valor de cada actividad realizada, eliminando lo que no se requiere, la reducción de los desperdicios y mejorarán las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador, al igual que se obtendrán mejoras tangibles, medibles y significativas de la competitividad.

7.2.4. Los siete desperdicios que identifica la manufactura esbelta

La manufactura esbelta identifica 7 puntos claves de desperdicio (**Producción, 2010**):

1. **Sobre producción:** Esta es una forma particularmente seria de generación de desperdicio, porque lleva a mantener excesos de inventario que a menudo son usados para ocultar otros problemas e ineficiencias.
2. **Espera:** Es el tiempo que el trabajo en proceso está esperando por el próximo paso en producción (no existe valor agregado).
3. **Transporte:** Movimientos innecesarios de materias primas, productos en proceso o productos terminados.
4. **Movimiento:** Innecesario movimiento de personas (Movimientos que no agregan valor).
5. **Sobre proceso:** Más procesamiento que el necesario para producir lo que el cliente requiere. Este es a menudo uno de los desperdicios más difíciles de detectar y de eliminar.
6. **Inventario:** Producto (Materias primas, trabajos en proceso o productos terminados) cantidades que son mayores a las necesidades inmediatas.
7. **Defectos:** Producción que es desperdicio o que requiere ser re-trabajada.

Beneficios de la manufactura esbelta

1. Mejora de la productividad: El incremento de la eficiencia dará como resultado producir más productos o bienes con el mismo capital.
2. Reduce desperdicios: La optimización en los sistemas de producción conlleva a una reducción en los residuos y un menor número de desperfectos en los productos.
3. Los plazos de ejecución se ven disminuidos: el proceso comercial será capaz de abarcar más carga de trabajo gracias la disminución en los plazos de ejecución del proceso productivo.

También asegurará una rápida disponibilidad del producto en el mercado.

4. Mejora del servicio al cliente: éste se ve beneficiado gracias a que la técnica de la Manufactura Esbelta hace posible que la entrega del producto sea en el momento, tiempo y lugar que el propio cliente lo precise.

Los 5 principios del Pensamiento Lean

1. Hacer Únicamente "lo que es necesario, cuando es necesario y en la cantidad necesaria".

- Lo que es necesario: significa la referencia que está pidiendo el cliente.
- Cuando es necesario: en el momento en que lo pide el cliente.
- En la cantidad necesaria: ni más ni menos que la cantidad pedida.

2. La calidad debe ser parte inherente del proceso.

El operario tiene la autoridad para detener el proceso si existe el riesgo de producir piezas defectuosas (jidoka).

- Los equipos dispondrán de sistemas poka-yoke que impidan el procesado de piezas defectuosas.

3. El tiempo total de proceso debe ser mínimo. (Lead Time ó Total Productive Cycle Time').

Es el tiempo total que se tarda desde que llega la materia prima a nuestras instalaciones hasta que sale el producto terminado para nuestro cliente.

- Cuanto más corto sea, con mayor rapidez recuperaremos la inversión realizada en la materia prima y los procesos, eliminando inventarios innecesarios y tiempos de espera inútiles.

4. Alta utilización de máquinas y mano de obra.

Una vez que la inversión está hecha, debemos utilizar estos activos al máximo para obtener rentabilidad.

- Alta utilización de mano de obra NO significa excesos ni abusos, sino una estandarización de las buenas prácticas para una óptima eficiencia, así como un equilibrio de las tareas de todos los empleados.

5. Mejora Continua (KAIZEN). El proceso nunca acaba. Siempre habrá una mejor manera de hacerlo.

Las Tres M's

Tres términos son comúnmente utilizados en la manufactura esbelta y ayudan a identificar los desperdicios que deben ser eliminados:

Muda: Se define como cualquier actividad en un proceso que consume recursos y que no agrega valor al producto o servicio desde el punto de vista del cliente; la eliminación del

desperdicio es la forma más eficiente de aumentar la rentabilidad de cualquier organización por eso es importante entender exactamente qué es y dónde se encuentra. Y lo que es más importante, sin aumentar el estrés de las personas. No se trata de hacer más, sino de hacerlo mejor. El gurú Taiichi Ohno identificó 7 formas diferentes de desperdicios que se dan en cualquiera de las fases de realización de un producto o servicio:

1. Sobreproducción: Producir más o antes de lo necesario.
2. Inventarios: Cualquier acumulación de materiales o información.
3. Sobre proceso: Procesos innecesarios
4. Esperas: Tiempos perdidos en las máquinas o personas.
5. Reprocesos: Por defectos o inspecciones.
6. Transportes: De productos, materiales o información de un lugar a otro.
7. Movimientos: Innecesarios de personal por zona de trabajo.

Mura: Cualquier variación no prevista que produce irregularidad en el proceso y provoca desequilibrio.

Muri: Cualquier actividad que requiere un estrés o esfuerzo poco razonable por parte del personal, material o equipo, provocando cuellos de botella (la acumulación de tareas en una determinada fase del proceso), tiempos muertos.

Los tres conceptos van juntos ya que cuando un proceso no está equilibrado (mura), se produce una sobrecarga en el equipo, las instalaciones y las personas (muri) que dará lugar a actividades sin valor añadido (muda). ((s.f.). K. , s.f.)

Valor agregado y No valor agregado

Para (**Lean MDC**):

La filosofía del pensamiento esbelto se basa en la eliminación del desperdicio o de actividades que no agregan valor.

- Actividad de valor agregado: Aquellas operaciones que transforman, convierten o cambian un producto y las cuales el cliente está dispuesto a pagar por ellas.
- Actividades de NO valor agregado: Aquellas que no resultan en un cambio o transformación del producto, y las cuales el cliente no está dispuesto a pagar por ellas.
- Ejemplo de algunas actividades que no agregan valor: Mover, distribuir, inspeccionar, re-trabajar, probar, almacenar, esperas, demoras.

En los procesos tradicionales cuando se quiere incrementar el valor se invierte en personal, equipos, tecnología, etc.; de esta forma también se incrementan las actividades

que no agregan valor. Con el enfoque Lean, se incrementa el valor eliminando desperdicios de los recursos existentes generando mayor rentabilidad a bajo costo.

7.2.5. Herramientas de la Manufactura Esbelta

Son varias las herramientas de las que la manufactura esbelta consiste y todas apuntan a una filosofía lean buscando una producción sin desperdicios.

Filosofía 5's: No se puede avanzar en la eliminación del desperdicio, si el lugar de trabajo no está debidamente limpio y ordenado. Es posible organizar la estación de trabajo recurriendo a la técnica japonesa de las 5's:

- Seiri: Selección o clasificación, distinguir lo que es necesario de lo que no lo es.
- Seiton: Orden u organización, un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar.
- Seiso: Limpieza, establecer métodos para mantener limpio el lugar de trabajo.
- Seiketsu: Bienestar personal, mantener la limpieza física y mental en cada empleado.
- Shitsuke: Disciplina, establecimiento de reglas para mantener el orden.

Hoshin Kanri: es un sistema gerencial, que permite establecer, desplegar y controlar los objetivos de la alta dirección y los correspondientes medios para asegurar su logro en todos los niveles de la organización, basándose en el ciclo PHVA (Planear - Hacer - Verificar - Actuar).

Flujo Continuo: Se debe establecer procesos en los que el flujo se dé en forma continua de:

- Información

¿Todos conocen el objetivo de producción?

¿Qué tan rápido se identifican los problemas y las anomalías?

¿Qué sucede cuando existen problemas y anomalías?

- Materiales ¿Las piezas se mueven de un proceso que le agrega valor a otro que también le agrega valor?

- Operaciones

¿El trabajo de los operadores es consistente en cada ciclo? ¿Puede un operador ejecutar eficientemente un paso que agrega valor al siguiente?

SMED: Es una teoría y conjunto de técnicas que hacen posible realizar las operaciones de cambio de herramientas y preparación de máquinas en menos de diez minutos.

Celda de manufactura: Es el conjunto de personas, máquinas, materiales y métodos ubicados en orden en un proceso de producción, generalmente más grande que una sola máquina y menor que un departamento.

Jidoka: se refiere a la habilidad del equipo de producción, incluido una simple máquina para identificar el malfuncionamiento y evitar la generación de defectos. Una definición alterna es la automatización con toque humano.

Poka Yoke: es una técnica para evitar los simples errores humanos en el trabajo.

Trabajo en equipo: Los beneficios de la aplicación y las diferentes herramientas y técnicas que ofrece Lean no son alcanzables si no se cuenta con un elemento importante: el trabajo en equipo.

Kaizen: En Japón es sinónimo de mejora continua, la búsqueda incesante de mejores niveles de desempeño en materia de calidad, costos, tiempos de respuesta, velocidad de ciclos, productividad, seguridad y flexibilidad entre otros.

Sistema Andón: Es usado por los operadores para indicar posibles problemas o interrupciones en la línea de ensamble.

También puede ser utilizado para proveer retroalimentación a personal de materiales, mantenimiento y producción sobre necesidades de producción, problemas con los equipos, tiempos muertos, etc.

Industria Kan-Ban: tiene como finalidad establecer un sistema de comunicación efectiva para el surtimiento de materiales en los procesos de manufactura por medio de controles de tipo visual, el más común es la tarjeta.

Mantenimiento Productivo Total (TPM): es un cambio de actitud en el operador ya que se le capacita para realizar un mantenimiento autónomo y conservar en funcionamiento óptimo, su máquina o equipo.

VSM: es una técnica de gran apoyo que proporciona una visión de todo el proceso, para de esta manera entender completamente el flujo para que un producto o servicio llegue al cliente, con esta técnica se identifican las actividades que no agregan valor al proceso para posteriormente iniciar las actividades necesarias para eliminarlas.

Empresa Esbelta

Según **(Delgado Hernández, s.f.)** :

Una empresa esbelta es aquella que considera los siguientes aspectos en su planeación y ejecución: exceder las expectativas del cliente, lograr la perfección en la calidad de productos y servicios, eliminar toda clase de desperdicios, reducir el tiempo de entrega, además de costos y gastos. Para que una compañía se convierta en esbelta debe lograr un severo cambio cultural que puede llevarle varios años. La empresa debe ser el mejor proveedor de sus clientes, debe contar con el mejor personal y además, debe tener a los mejores proveedores como sus aliados. Para desempeñar este sistema se requiere disciplina y cumplimiento de ciertos estándares. En las empresas que adoptan este método los procesos se establecen estrictamente mediante esquemas, convirtiendo el conocimiento de los trabajadores en un elemento esencial en la determinación y la aplicación de estos modelos.

7.2.6. OEE: Desempeño Total Del Equipo (Overall Equipment Effectiveness)

Para **(Alarcón, 2014)**

El O.E.E. Con sus siglas en español E.R.P. (Evaluación real de la productividad) es un marco para la medición de la pérdida de productividad durante un proceso de fabricación dado. Hace un análisis de tres categorías de pérdidas:

- Disponibilidad
- Rendimiento
- Calidad

Proporciona un punto de referencia / línea de base y un medio para medir el progreso en la eliminación de los desperdicios de un proceso de fabricación. Un OEE de 100% significa producción perfecta (es decir que se fabrican únicamente partes buenas, lo más rápido posible, sin tiempo de inactividad).

Origen del OEE

Para (Alarcón, 2014):

El OEE fue descrito originalmente como un componente de la metodología TPM (Total Productive Maintenance) en el libro de Seiichi Nakajima “TPM tenkai”.

A finales de los años 80 el concepto de TPM se volvió ampliamente conocido en el mundo occidental. Alrededor de la misma época, en Europa, Fuji Photo-Film hizo la más grande inversión que nunca antes lo hubiera hecho fuera del Japón, construyendo 3 fábricas en Holanda. El gran desafío para las tres factorías era: “Producir con cero defectos y cero pérdidas usando los principios japoneses en un ambiente occidental”. Esta fue la primera vez que los conceptos de TPM y Lean fueron extensivamente aplicados fuera del Japón. El director de la Fuji Steven Blom lo resume de la siguiente manera: Medir el OEE y eliminar los desperdicios, usando Pequeños grupos de Actividades.

Alrededor de 1995, la industria de semiconductores SEMATECH publica “Semiconductor Manufacturing Productivity Overall Equipment Effectiveness (OEE) Guidebook” con lineamientos para la implementación del OEE en la fabricación de semiconductores.

Cálculo del OEE

Para (Alarcón, 2014):

La base del cálculo del OEE es tan simple como brillante; en una mano asume una capacidad máxima teórica y en la otra la actual salida o producción. El OEE no solo proyecta las pérdidas entre estos dos puntos de manera clara e inequívoca, sino, lo más importante es que es totalmente entendible para todo el equipo involucrado, tales como operadores, supervisores, personal técnico, ingenieros, etc.

Hasta donde se conoce el OEE es el único indicador de producción con un efecto de balance (que normalmente solo encontramos en el mundo de las finanzas). Si alguna cosa es “olvidada” o exagerada”, una diferencia aparecerá en algún otro lugar. En adición el cálculo del OEE combina los factores de Tiempo, Velocidad y Calidad de una manera útil y responsable.

En pocas palabras el cálculo del OEE plantea tres preguntas:

Disponibilidad: ¿está la máquina operando o no?

Si la máquina está sacando productos mientras está disponible para el equipo de producción, entonces la máquina está corriendo. En éste punto no sabemos si el producto que está saliendo es bueno o no, tampoco sabemos nada acerca de la velocidad de la máquina. (Todo lo que sabemos es que está corriendo).

Se utiliza la siguiente fórmula para obtener el índice de disponibilidad:

Ecuación 2

$$ID = \frac{\textit{Horas de trabajo consumidas}}{\textit{Horas de trabajo planificadas}}$$

Rendimiento: ¿cuán rápido está la máquina corriendo?

Supongamos que la máquina está diseñada para producir 10 piezas por minuto, en cuyo caso esperaríamos obtener una producción de 3600 piezas después de 360 minutos, lo cual solo sería posible si la máquina trabaja al 100% de su velocidad.

Se utiliza la siguiente fórmula para obtener el índice de rendimiento:

Ecuación 3

$$IR = \frac{\textit{Unidades de producto planificadas}}{\textit{Unidades de producto producidas}}$$

Calidad: ¿Cuántos productos cumplieron con las especificaciones?

Una vez que hemos medido el tiempo y las pérdidas de velocidad, enfocamos nuestra atención en la calidad de los productos que estamos produciendo. La relación entre el número de unidades producidas y el número de unidades producidas que cumplen con las especificaciones se llama la “tasa de calidad”.

Se utiliza la siguiente fórmula para obtener el índice de calidad:

Ecuación 4

$$IC = \frac{\text{Unidades de producto buenos}}{\text{Unidades de producto producidas}}$$

Luego de obtener los datos de las razones de cada una de las partes que involucra el cálculo del OEE se realiza una multiplicación entre los tres para obtener el indicador OEE total de la maquinaria estudiada tal y como lo indica la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$OEE = ID \times IR \times IC$$

El OEE considera varias causas por las cuales cada uno de los índices pueden resultar bajos y se lo referencia en la siguiente tabla 3.

Las pérdidas están relacionadas con inconvenientes presentados a lo largo de la jornada productiva donde el rendimiento, disponibilidad y calidad de las maquinarias afectan a los resultados de la productividad desde todos los puntos de vista analizados. Es a éstas pérdidas a las que el E.R.P. mide su razón para determinar puntos críticos en el mejoramiento continuo de la producción.

Tabla 3. Las 6 grandes pérdidas de la productividad

TIPO DE PÉRDIDAS	LAS 6 GRANDES PÉRDIDAS
Pérdidas de disponibilidad	1. Máquina dañada 2. Esperas
Pérdidas de rendimiento	3. Paradas menores 4. Reducción de velocidad
Pérdida de calidad	5. Desperdicio 6. Re-Trabajo

Fuente: (Gutiérrez, 2000)

Elaborado por: Roberto Peñarreta

7.2.7. SMED (Single Minute Exchange of Die) Cambio rápido de trabajo

Para (Alarcón, 2014):

Esta herramienta fue desarrollada para acortar significativamente los tiempos de cambios de trabajo o alistamiento de las máquinas, logrando de esta manera producir lotes más pequeños. La esencia del SMED es convertir la mayor cantidad posible de actividades internas a externas, esto es ejecutarlas cuando la máquina está trabajando.

Objetivos de SMED

- Pequeños lotes de producción.
- Costos de producción más bajos.
- Programa de producción más flexible.
- Disminuir los niveles de inventario.
- Cambio de molde en menos de 10 minutos

Aproximación en 3 pasos

1. Eliminar el tiempo externo

La mayor parte del tiempo se desperdicia por la falta de planificación para ejecutar un cambio de trabajo. Deben planificarse las tareas para reducir el tiempo con una adecuada secuencia de las actividades involucradas en el cambio, así como cuántas y que personas intervendrán, además de las herramientas necesarias para el propósito. El objetivo es transformar en un evento sistemático el proceso, no dejando nada al azar.

2. Estudiar los métodos y practicar

El estudio de tiempos y métodos permitirá encontrar el camino más rápido y mejor para encontrar el tiempo interno remanente. Las tuercas y tornillos son unos de los mayores causantes de demoras. La unificación de medidas y de herramientas permite reducir el tiempo. Duplicar piezas comunes para el montaje permitirá hacer operaciones de forma externa ganando este tiempo de operaciones internas.

Para mejores y efectivos cambios de modelo se requiere de equipos de gente. Dos o más personas colaboran en el posicionado, alcance de materiales y uso de las herramientas.

La eficacia está condicionada a la práctica de la operación. El tiempo empleado en la práctica bien vale ya que mejoraran los resultados.

3. Eliminar los ajustes

Implica que los mejores ajustes son los que no se necesitan, por eso se recurre a fijar las posiciones. Se busca recrear las mismas circunstancias que la de la última vez. Como muchos ajustes pueden ser hechos como trabajo externo se requiere fijar las herramientas. Los ajustes precisan espacio para acomodar los diferentes tipos de matrices, troqueles, punzones o utillajes por lo que requiere espacios estándares.

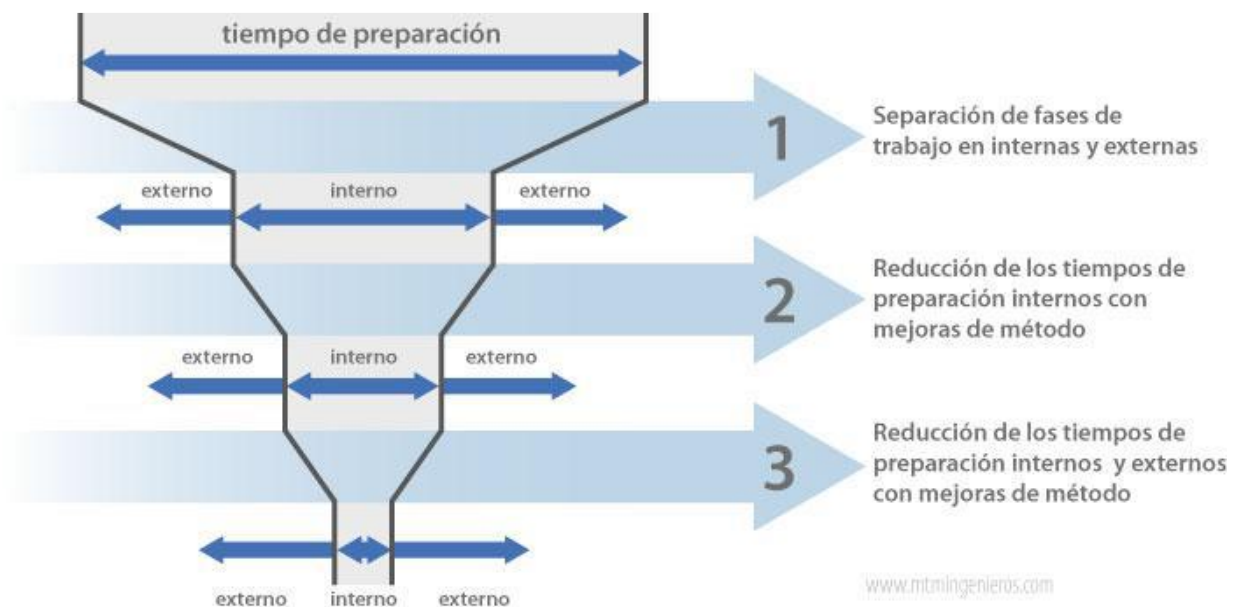


Ilustración 2. Beneficios del SMED

Fuente: (MTM, 2010)

Beneficios de SMED: (figura 1)

1. Lotes de producción más pequeños.
2. Reducir inventarios.
3. Procesar productos de alta calidad.
4. Reducir los costos.

5. Tiempos de entrega más cortos.
6. Ser más competitivos.
7. Tiempos de cambio más confiables.
8. Carga más equilibrada en la producción diaria

SMED (Single-Minute Exchange of Die)

El SMED es una colección de técnicas para reducir significativamente el tiempo que toma un cambio de trabajo. SMED fue desarrollada en sus inicios por Shigeo Shingo, un Ingeniero Industrial japonés.

Shingo es conocido por la técnica SMED que desarrollaremos con detalle a continuación, pero también por ser una eminencia en el mundo de la calidad. Sentó las bases del ZQC (Zero Quality Control) que propugna la eliminación de la no-calidad en el origen y relacionado con ello, inventó la utilización de los poka-yokes, que son mecanismos que hacen imposible la generación de errores en los procesos productivos.

"El SMED hace posible responder rápidamente a las fluctuaciones de la demanda y crea las condiciones necesarias para las reducciones de los plazos de fabricación. Ha llegado el tiempo de despedirse de los mitos añejos de la producción anticipada y en grandes lotes. La producción flexible solamente es accesible a través del SMED". (Shingo, 2002)

A continuación, se describen los pasos necesarios para implementar la técnica de SMED con el fin de reducir los tiempos de alistamiento de las maquinarias estudiadas:

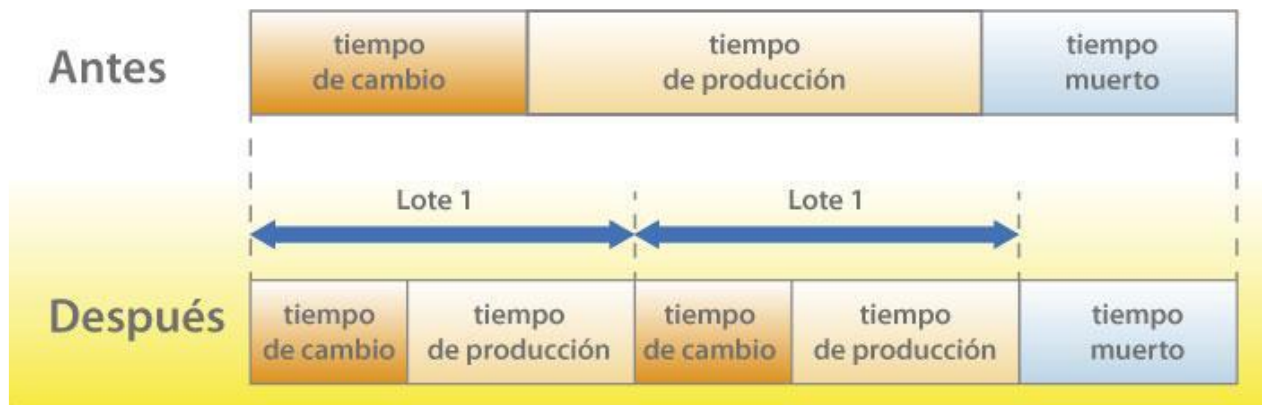


Ilustración 3. Esquema SMED de reducción de tiempos

Fuente: (MTM, 2010)

Para (Alarcón, 2014) los 11 pasos que sigue la técnica SMED son:

- Observar y entender el proceso de cambio de trabajo
- El proceso de cambio de trabajo empieza desde la última unidad buena producida del lote anterior hasta la primera pieza correcta del siguiente lote. En este paso realizamos una minuciosa observación para conocer de qué manera se lleva a cabo el proceso de cambio de trabajo.
- Identificar y separar las operaciones externas e internas
- Se entiende por operaciones externas las que se llevan a cabo con la máquina en funcionamiento, mientras que las operaciones internas son las que se realizan con la máquina parada. Esta etapa es muy provechosa para alcanzar avances significativos
- Convertir las operaciones internas en externas
- En esta etapa las operaciones internas pasan a ejecutarse fuera del tiempo de cambio y de esta manera se reduce el tiempo total del cambio. Los elementos
- Optimizar todos los aspectos de la preparación
- El objetivo es disminuir drásticamente los tiempos empleados tanto en las operaciones internas cuanto en las externas.
- Crear un procedimiento que sirva como estándar para que se pueda mantener a través del tiempo mediante el uso de videos, archivos, etc.
- En el corto plazo los costos de producción bajan al disminuir los tiempos perdidos y al volverse más fluidos los cambios de trabajo, así como también se logra una mejora el OEE de los equipos.
- A largo plazo y con una adecuada programación de la producción, se pueden producir lotes más pequeños mejorando así la respuesta a la demanda de los clientes y se mantienen bajos niveles de inventario en proceso y de producto terminado.

La producción por lotes tiene varios beneficios pero el más importante es la reducción de pérdidas de tiempos de producción debido a que sólo se produce lo que se necesita y se llega a utilizar la filosofía JIT justo a tiempo donde la materia prima solamente necesaria llega a la línea de producción en función del pedido realizado y se produce solamente lo que ingresa a tal punto de ajustar los turnos de producción reduciendo también costos de inventarios, reprocesos, tiempos muertos o libres para los colaboradores.

8. HIPÓTESIS

Estudiar el proceso de fabricación de perfiles laminados en el TREN 2 de la empresa Novacero planta Lasso, mediante el uso de las herramientas de manufactura esbelta (E.R.P.) y (C.R.T.), logrará un mejoramiento continuo.

8.1. Variable dependiente

Mejoramiento Continuo.

8.2. Variable independiente

Estudiar el proceso de fabricación de perfiles laminados en el TREN 2 de la empresa Novacero planta Lasso, mediante el uso de las herramientas de manufactura esbelta (E.R.P.) y (C.R.T.)

9. METODOLOGÍA

Tabla 4. Metodología utilizada

No.	TÉCNICAS	INSTRUMENTOS
1	<p style="text-align: center;">Técnicas Bibliográficas</p>	<p>Recolectar información de libros, revistas, documentos en general, con diferentes fuentes teóricas y científicas. Se utilizarán libros de productividad, manufactura esbelta y calidad; se buscarán trabajos realizados que se relacionen con la investigación e implementen las mismas herramientas de la manufactura esbelta con el fin de sustentar la factibilidad de su aplicación. Además recolectar información de los reportes diarios de producción y calidad para calcular el E.R.P.</p>
2	<p style="text-align: center;">Técnicas de Campo</p>	<p>Recolectar información mediante la observación directa en la línea de producción TREN 2 que proporcionará los datos necesarios para la implementación de la herramienta S.M.E.D.</p>

Fuente: Elaboración propia

Elaborado por: Roberto Peñarreta

MÉTODOS

Para la elaboración del presente trabajo de titulación se utilizaron los métodos que a continuación, junto con su respectiva descripción de aplicación, se muestran:

Método Cuantitativo:

Al momento de trabajar con los datos estadísticos que permitieron plantear la problemática, al proponer la elaboración una carta de control para la recolección de datos de medición mediante el uso de instrumentos, se utilizó el método cuantitativo.

Método Deductivo:

Éste método fue utilizado al momento de determinar las causas que ocasionaban los problemas de los tiempos de inactividad de la maquinaria, mediante el diálogo con los operadores e inspectores de calidad, estableciendo patrones que luego con el uso de herramientas de calidad, en éste caso Pareto, se obtuvieron el 80% de las causas que ocasionaba el 20% de los problemas.

Método Analítico:

Se utilizó el método deductivo a partir de la obtención de los datos recolectados para posteriormente ser procesados y convertidos en información y a su vez con dicha información se determinaron varias conclusiones que específicamente tenían una aplicación de la mejora continua en la propuesta de su solución.

Método Comparativo:

Para comprobar la veracidad de la hipótesis planteada se utilizó el método comparativo justamente para determinar la eficiencia de la propuesta planteada de mejora continua al aplicar las herramientas de la manufactura esbelta E.R.P. y C.R.T., determinando el porcentaje de aumento de la disponibilidad de la maquinarias al comparar el E.R.P. del proceso en la obtención de la línea base y el E.R.P. luego de implementar las técnicas de cambio rápido de trabajo.

10. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS)

Para obtener los resultados se ejecutaron las actividades planteadas y en función de los objetivos establecidos se dividió en dos partes que es la implementación de las 2 técnicas de la manufactura esbelta propuestas.

El estudio realizado en la investigación fue de la línea de producción llamada TREN 2, específicamente en la maquinaria denotada como STAND 20 que forma parte del tren acabador; es decir, las maquinarias que otorgan las dimensiones finales del producto antes de pasar al área de empaquetado.

El producto analizado es el perfil laminado en caliente que mantiene la forma de ángulo con medidas de 75x8 mm y de 75x6 mm. (ANEXO C) que fueron laminados en el mes de diciembre del año 2017.

10.1. Aplicación del E.R.P.

Disponibilidad

Se diseñó una carta de control que, a más de brindar información para la ejecución del plan de control de la línea de producción, sirvió para determinar los tiempos de inactividad del TREN 2 junto con sus respectivas causas en cada hora de toma de datos.

En el ANEXO E se visualiza una carta de control con los componentes necesarios para la obtención de los datos con los que se calcularon el aspecto de disponibilidad.

El indicador de disponibilidad (I.D.) tuvo como resultado:

Ecuación 6

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{HORAS DE PRODUCCIÓN REALES}}{\text{HORAS DE PRODUCCIÓN PLANIFICADAS}}$$

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = \frac{200,5 \text{ horas}}{336 \text{ horas}}$$

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = 59,67\%$$

Para la determinación de las horas de producción planificadas se extrajo la información del plan de producción mensual ANEXO F., mientras que para el conocimiento de las horas reales se necesitó de los reportes por parte de los inspectores de calidad especificados en la carta de control elaborada.

Tabla 5. Datos obtenidos de la carta de control

DÍAS DE DICIEMBRE 2017	TURNO	CAUSA DE TIEMPO DE PARA	HORAS
4	1	CAMBIO DE PRODUCTO	6
		DAÑO EN HORNO	6
4	2	DAÑO EN HORNO	7
		PRUEBAS	2
		PARA ELÉCTRICA	3
5	1	ST 12 DESCALIBRADO	0,5
		ALAS DESIGUALES	1
		ST 7 DESCALIBRADO	1
		ALAS DESIGUALES	1
		MATERIA PRIMA	2,5
		ST 10 DESCALIBRADO	0,5
		CAMBIO DE TURNO	0,5
5	2	MESA DESCALIBRADA	0,5
		ALAS DESIGUALES	0,5
		PARA ELÉCTRICA	0,5
		DAÑO DESBASTE	1
		ST 7 DESCALIBRADO	0,5
		ST 11 DESCALIBRADO	1
		DAÑO EN HORNO	0,5
		DAÑO DESBASTE	0,5
		PRUEBAS	0,5
		ALAS DESIGUALES	0,5
6	1	ALAS DESIGUALES	4,5
		ST 11 DESCALIBRADO	1
6	3	DAÑO DESBASTE	2
		MESA LLENA	1,5
		ST 12 DESCALIBRADO	2
7	1	MESA DESCALIBRADA	0,5
		MESA LLENA	0,5
		ST 11 DESCALIBRADO	0,5
		CAMBIO DE TURNO	0,5
7	3	MESA LLENA	1
		ST 12 DESCALIBRADO	0,5
		REBABAS	4
8	1	DAÑO ENDEREZADORA	2
		MESA LLENA	2
		ALAS DESIGUALES	0,5
		DAÑO DESBASTE	0,5
		CAMBIO DE TURNO	0,5
8	2	MESA LLENA	0,5
		DAÑO ENDEREZADORA	9
9	2	MATERIA PRIMA	2

		MESA LLENA	3
		ST 12 DESCALIBRADO	1
9	3	DAÑO EN HORNO	1,5
		ST 12 DESCALIBRADO	1
		MESA LLENA	7
10	2	ALAS DESIGUALES	2
		MESA LLENA	1
		ST 12 DESCALIBRADO	2
10	3	MESA LLENA	3
11	1	ST 7 DESCALIBRADO	3,5
		DAÑO DESBASTE	0,5
		CAMBIO DE TURNO	0,5
11	3	MESA LLENA	3
12	1	DAÑO DESBASTE	12
12	3	REUNIÓN	3
		MESA LLENA	0,5
		DAÑO DESBASTE	5
13	3	PARA MECÁNICA	2
		ALAS DESIGUALES	0,5
		REBABAS	2
		PRUEBAS	1
		MESA LLENA	1
		MESA LLENA	2
13	2	MATERIA PRIMA	0,5
		DAÑO HORNO	0,5
		CAMBIO DE PRODUCTO	4
TOTAL DE TIEMPO DE PARA		135,5	

Fuente: Cartas de control

Elaborado por: Roberto Peñarreta

La tabla elaborada contiene variables como día, turno, causa de la inactividad y el tiempo en horas de la misma, permitiendo así establecer la línea base que posteriormente, con herramientas de calidad, se prioriza la recurrencia de las causas con el fin de tomar acciones correctivas.

Rendimiento

Para la obtención del índice de rendimiento se necesitaron los datos de las toneladas de producción planificadas disponibles en **ANEXO F** y las toneladas reales producidas cuya información se consultó con el departamento de producción.

Tabla 6. Tonelajes de producción

Toneladas de producción planificadas	Toneladas de producción reales
461,313 Toneladas	382,19 Toneladas

Fuente: Planificación de producción del mes de diciembre 2017.

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

El indicador de rendimiento (I.R.) tuvo como resultado:

Ecuación 7

$$\text{ÍNDICE DE RENDIMIENTO} = \frac{\text{TONELADAS DE PRODUCCIÓN REALES}}{\text{TONELADAS DE PRODUCCIÓN PLANIFICADAS}}$$

$$\text{ÍNDICE DE RENDIMIENTO} = \frac{382,19 \text{ Toneladas}}{461,313 \text{ Toneladas}}$$

$$\text{ÍNDICE DE RENDIMIENTO} = 82,85\%$$

Calidad

Para el indicador de calidad se necesitó trabajar con los reportes de producto no conforme (P.N.C.) donde los inspectores de calidad establecieron la cantidad de unidades de perfiles que se encontraban fuera de especificación presentando una no conformidad visual.

Tabla 7. Tonelajes de no conformidad.

TONELADAS REALES PRODUCIDAS	TONELADAS DE PRODUCTO NO CONFORME	PARTICIPACIÓN DEL PRODUCTO NO CONFORME
382,19 Toneladas	13,22 Toneladas	3,46%

Fuente: Análisis de producto no conforme de diciembre 2017.

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

El indicador de rendimiento (I.R.) tuvo como resultado:

Ecuación 8

$$\text{ÍNDICE DE CALIDAD} = \frac{\text{TONELADAS DE PRODUCCIÓN BUENAS}}{\text{TONELADAS DE PRODUCCIÓN REALES}}$$

$$\text{ÍNDICE DE CALIDAD} = \frac{368,97 \text{ Toneladas}}{382,19 \text{ Toneladas}}$$

$$\text{ÍNDICE DE CALIDAD} = 96,54\%$$

Cálculo del E.R.P.

Luego de haber obtenido cada uno de los indicadores se realiza el cálculo de la eficiencia real de productividad de la línea de producción TREN 2 mediante la ecuación correspondiente y antes mencionada.

Ecuación 9

$$E. R. P. = ID \times IR \times IC$$

$$E. R. P. = 59,67\% \times 82,85\% \times 96,54\%$$

$$E. R. P. = 0,5967 \times 0,8285 \times 0,9654$$

$$E. R. P. = 0,477$$

$$E. R. P. = 48\%$$

La eficiencia real de productividad se encuentra muy por debajo del estándar de una organización que utiliza sus recursos de manera óptima.

Análisis Pareto de las causas de tiempo de inactividad.

Para la propuesta de mejora de los tiempos de inactividad se estableció un diagrama de Pareto donde se determinaron las causas más recurrentes que ocasionan que la línea de producción no cumpla con la planificación. Se utilizó el programa estadístico Minitab para la obtención del siguiente gráfico:

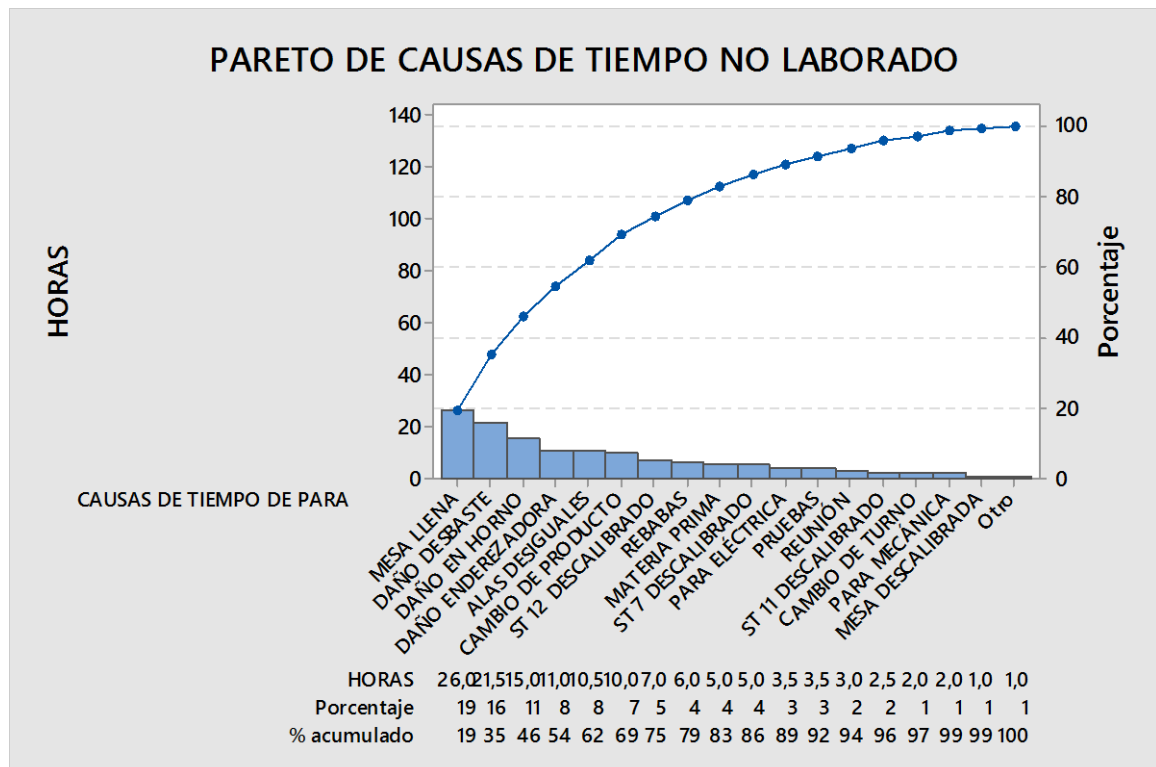


Ilustración 4. Pareto de las causas de tiempo no laborado

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

La causas más recurrentes de la inactividad de producción son cuando la mesa de enfriamiento de los perfiles laminados en caliente se encuentra llena, presentándose un cuello de botella, y el daño del desbaste que es donde se comienza el laminado de la palanquilla reduciendo su eje longitudinal. Para mejorar el problema de la mesa llena se recomendaría estandarizar el tiempo de corte de las unidades, inspección y el empaquetado de las mismas.

10.2. Aplicación del C.R.T.

En el **Gráfico 1** se pueden apreciar varias causas de inactividad de la línea de producción, y aunque según el Pareto se toma a la mesa de enfriamiento llena y el daño del desbaste como las más relevantes, para la aplicación del cambio rápido de trabajo, donde se pretende reducir el tiempo de alistamiento de la maquinaria para empezar a producir, se centró en las causas que ocasionan defectos visuales como alas desiguales, rebabas y la descalibración de los stands.

Se determinaron las actividades que se llevan a cabo al realizar un cambio de producto de perfil AL 78X6 a AL 78X8 especificando las que corresponde a actividades internas, que necesitan que la maquinaria se encuentre parada totalmente, y externa, que se puede realizar mientras la máquina está en funcionamiento.

Tabla 8. Actividades de cambio de producto.

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (horas)	ACTIVIDAD INTERNA	ACTIVIDAD EXTERNA
1	Desacoplar guías de entrada y salida	2	x	
2	Cambiar pasada de los cilindros	1	x	
3	Ajustar altura de cilindros	1	x	
4	Acoplar guías de entrada y salida	2	x	
5	Realizar pruebas quemando pasos	0,5		x
6	Ingresar palanquilla al TREN con el empujador	0,5		x
TOTAL		7 Horas	6 Horas	1 Hora

Fuente: Video captado por autor.

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

Las actividades presentadas corresponden al cambio de producto de un tipo de perfil de una media a otra y se pretende proponer una mejora en dicho proceso en específico.

Las causas analizadas con el diagrama de Pareto, en función de los defectos visuales y descalibraciones de los stands, se pretenden mejorar al cambiar actividades internas a externas con métodos estandarizados que garanticen una sujeción de los elementos de matricería en un determinado tiempo de funcionamiento; es decir, mientras dure la producción planificada, con el fin de no presentar tiempos de inactividad y así mejorar los indicadores de disponibilidad, rendimiento y calidad de la línea de producción.

Tabla 9. Propuestas de mejora para las actividades.

Nº	ACTIVIDAD	MEJORA PROPUESTA
1	Desacoplar guías de entrada y salida	Prescindir de tornillos tradicionales e implementar guías compactas con un solo punto de sujeción al stand.
2	Cambiar pasada de los cilindros	Graduar las manivelas de movimiento para precisar la pasada necesaria de los cilindros al cambiar el producto.
3	Ajustar altura de cilindros	Graduar las manivelas de nivelación para precisar la altura de los cilindros al cambiar el producto.
4	Acoplar guías de entrada y salida	Realizar el acople de las partes de la guía en el área de guías y montajes para tenerlo listo al momento de cambio de producto.
5	Realizar pruebas quemando pasos	Disminuir la cantidad de quemadas en función calibrando los elementos del stand antes de las pruebas, con ayuda de medidas estándar.
6	Ingresar palanquilla al TREN con el empujador	

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

Con las propuestas se pretender disminuir a la mitad el tiempo de alistamiento para cambio de producto; todas las mejoras se pretenden socializar con los colaboradores correspondientes mediante capacitaciones.

Las calibraciones previas a las pruebas son claves para eliminar los inconvenientes de choques de la palanquilla al llegar al stand de acabado donde se presentan los defectos visuales. A la vez en la mesa de enfriamiento se reduce el tiempo de inspección y se elimina el cuello de botella observado en la línea base.

Tabla 10. Actividades de cambio de producto (tiempos propuestos).

Nº	ACTIVIDAD	TIEMPO (horas)	ACTIVIDAD INTERNA	ACTIVIDAD EXTERNA
1	Desacoplar guías de entrada y salida	1		x
2	Cambiar pasada de los cilindros	0,5	x	
3	Ajustar altura de cilindros	0,5		x
4	Acoplar guías de entrada y salida	1		x
5	Realizar pruebas quemando pasos	0,25		x
6	Ingresar palanquilla al TREN con el empujador	0,5		x
TOTAL		3,75 Horas	1,25 Horas	2,5 Hora

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

El ejercicio de cambio de actividades se analizaron con el departamento de seguridad para salvaguardar la integridad de los colaboradores al momento de realizar las actividades que, aunque se tornó un poco más peligroso, la probabilidad de accidentes no se incrementó luego de determinar los programas de capacitación y guías de trabajo seguro por cada puesto de trabajo.

Tabla 11. Actividades de cambio de producto (tiempos propuestos).

Tiempo anterior	7 Horas
Tiempo propuesto	3,75 Horas
Reducción en cambio de producto	3,25 Horas

Elaborado por: Roberto Peñarreta.

Se propone un nuevo tiempo de ciclo de cambio de producto de 3,75 horas y el cambio de actividades que se realizaban mientras la máquina se encuentra inactiva a realizarlas mientras se encuentra encendida.

A continuación se presenta la lista de las causas de problemas de inactividad que serán eliminadas al implementar la propuesta:

1. Defectos visuales
2. Stands descalibrados
3. Mesa llena

Con éstos 3 problemas ya solucionados se aplica nuevamente el indicador de eficiencia real de productividad para simular cuál es el aumento y ratificar o rectificar la hipótesis planteada.

10.3. Aplicación del E.R.P. luego de la mejora

Tabla 12. Tiempos con cambio de actividades internas a externas.

DÍAS DE DICIEMBRE 2017	TURNO	CAUSA DE TIEMPO DE PARA	HORAS
4	1	CAMBIO DE PRODUCTO	3,75
		DAÑO EN HORNO	6
4	2	DAÑO EN HORNO	7
		PRUEBAS	0,25
		PARA ELÉCTRICA	3
5	1	ST 12 DESCALIBRADO	0
		ALAS DESIGUALES	0
		ST 7 DESCALIBRADO	0
		ALAS DESIGUALES	0
		MATERIA PRIMA	2,5
		ST 10 DESCALIBRADO	0
5	2	CAMBIO DE TURNO	0,5
		MESA DESCALIBRADA	0,5

		ALAS DESIGUALES	
		PARA ELÉCTRICA	0,5
		DAÑO DESBASTE	1
		ST 7 DESCALIBRADO	0
		ST 11 DESCALIBRADO	0
		DAÑO EN HORNO	0,5
		DAÑO DESBASTE	0,5
		PRUEBAS	0
		ALAS DESIGUALES	0
6	1	ALAS DESIGUALES	0
		ST 11 DESCALIBRADO	0
6	3	DAÑO DESBASTE	2
		MESA LLENA	0
		ST 12 DESCALIBRADO	0
7	1	MESA DESCALIBRADA	0,5
		MESA LLENA	0
		ST 11 DESCALIBRADO	0
		CAMBIO DE TURNO	0,5
7	3	MESA LLENA	0
		ST 12 DESCALIBRADO	0
		REBABAS	0
8	1	DAÑO ENDEREZADORA	2
		MESA LLENA	0
		ALAS DESIGUALES	0
		DAÑO DESBASTE	0,5
		CAMBIO DE TURNO	0,5
8	2	MESA LLENA	0
		DAÑO ENDEREZADORA	9
9	2	MATERIA PRIMA	2
		MESA LLENA	0
		ST 12 DESCALIBRADO	0
9	3	DAÑO EN HORNO	1,5
		ST 12 DESCALIBRADO	0
		MESA LLENA	0
10	2	ALAS DESIGUALES	0
		MESA LLENA	0
		ST 12 DESCALIBRADO	0
10	3	MESA LLENA	0
11	1	ST 7 DESCALIBRADO	0
		DAÑO DESBASTE	0,5
		CAMBIO DE TURNO	0
11	3	MESA LLENA	
12	1	DAÑO DESBASTE	12
12	3	REUNIÓN	3
		MESA LLENA	0

		DAÑO DESBASTE	5
		PARA MECÁNICA	2
13	3	ALAS DESIGUALES	0
		REBABAS	0
		PRUEBAS	0,25
		MESA LLENA	0
		MESA LLENA	0
13	2	MATERIA PRIMA	0,5
		DAÑO HORNO	0,5
		CAMBIO DE PRODUCTO	3,75
		TOTAL DE TIEMPO DE PARA	72 Horas

Elaborado por: Roberto Peñarreta

Con el establecimiento de éstos nuevos tiempos de inactividad, una vez solucionados los problemas mediante la técnica C.R.T., se procede a calcular nuevamente el índice de disponibilidad.

Ecuación 10

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = \frac{\text{HORAS DE PRODUCCIÓN REALES}}{\text{HORAS DE PRODUCCIÓN PLANIFICADAS}}$$

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = \frac{264 \text{ horas}}{336 \text{ horas}}$$

$$\text{ÍNDICE DE DISPONIBILIDAD} = 78,57\%$$

Con ello se lleva a cabo el cálculo del nuevo E.R.P. en función de la propuesta de mejora

Ecuación 11

$$\text{E. R. P.} = \text{ID} \times \text{IR} \times \text{IC}$$

$$\text{E. R. P.} = 78,57\% \times 82,85\% \times 96,54\%$$

$$\text{E. R. P.} = 0,7857 \times 0,8285 \times 0,9654$$

$$\text{E. R. P.} = 0,6284$$

$$\text{E. R. P.} = 63\%$$

COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Se mejora la eficiencia real de productividad en un 15 %, mejorando la productividad y por consecuente la calidad de la línea de producción y estableciéndose una mejora continua en el TREN 2 tal y como se lo propuso en la hipótesis.

El análisis se basó en la disponibilidad del stand acabador, sin embargo, la calidad y el rendimiento también se ven afectados puesto que calidad y productividad van de la mano en el ejercicio de mejora continua.

11. IMPACTOS

Los impactos del proyecto investigativo tienen un alcance local en una sola línea de producción de Novacero S.A., sin embargo la estandarización de las herramientas utilizadas en la investigación son recomendables a todos los procesos de la organización.

11.1. Impacto técnico

En el ámbito técnico la aplicación de las herramientas de la manufactura esbelta denotaron un alto índice de mejora en el proceso de fabricación de perfiles laminados del TREN 2 de la organización aumentando un 15% la eficiencia real de la productividad de la línea de producción, mediante la implementación de nuevos métodos de trabajo y una filosofía de mejora continua.

La ingeniería utilizada para la ejecución de técnicas nuevas y sobre todo sencillas dentro del cambio de producto, en el alistamiento de la maquinaria correspondiente, determinó un uso optimizado de recursos y reducción de esfuerzos que fueron centrados en la productividad y calidad de la empresa.

11.2. Impacto económico

El objetivo principal del proyecto es mejorar la productividad del proceso de fabricación de perfiles, por lo tanto la eficiencia presentada en dicho proceso se relaciona intrínsecamente con los recursos que se utilizan para producir ángulos, pletinas y demás productos en el TREN 2 de Novacero S.A.; éstos recursos, mediante técnicas simples y sobre todo de lógica en su mayoría, fueron optimizados y a su vez el costo de producción junto con la capacidad de producción se vieron afectados de tal manera que el costo de producción se redujo en función del uso de herramientas manuales tediosas y demoradas, y por otro lado la capacidad de producción aumentó con el fin de cumplir con la demanda que determina la planificación de producción mensual.

Son 63,5 horas de trabajo no laborables que fueron recuperadas de tal manera que se entiende que en ese tiempo el personal, la maquinaria y demás elementos integradores de proceso de producción, se encontraban sin generar ingresos a la organización.

Con el aumento de 15% del E.R.P., en función de los costos de no calidad, inactividad de elementos en el ejercicio de producción e incumplimiento de la meta de producción para satisfacer la demanda del departamento de ventas en relación a los clientes y el stock solicitado en bodega, la propuesta genera un ahorro de \$22184,17 en el mes estudiado al aplicarse la herramienta de la manufactura esbelta C.R.T.

12. PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA DE PROYECTO

Tabla 13. *Presupuesto*

	Recursos	PRESUPUESTO PARA LA ELABORACIÓN			
		Cantidad	Unidad	V. Unitario \$	Valor Total \$
Equipos	Calibrador pie de rey	1	Unidad	-	0
	Goniómetro	1	Unidad	-	0
	Metro	1	Unidad	-	0
	Cinta métrica	1	Unidad	-	0
	Escuadra metálica	1	Unidad	-	0
Transporte y salida de campo	Salida a Lasso	80	Viajes	0,5	40
	Regreso a Latacunga	80	Viajes	0,5	40
Materiales y suministros	Internet	100	Horas	0,6	60
	Impresiones: B/N	120	Hojas	0,05	6
	Impresiones: COLOR	20	Hojas	0,15	3
	Copias	30	Hojas	0,02	0,6
Material Bibliográfico	Libros	5	Ejemplares	2	10
	Revistas Indexadas	15	Suscripciones	1	15
Gastos Varios	Alimentación	80	Almuerzos	-	0
	Anillado	3	Copias	3	9
Sub Total					\$183,6
10%					\$18,36
TOTAL					201,96

Fuente: Elaboración propia.

Elaborado por: Roberto Peñarreta

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. CONCLUSIONES

- Se estableció la línea base, con la obtención del E.R.P., en el TREN 2 con una eficiencia del 48% de productividad en el mes de diciembre del año 2017 dejando a constatar que un 52% de capacidad no se utilizó debido a factores establecidos en la **Tabla 5**. Donde, mediante Pareto, se determinó que un cuello de botella en la mesa de enfriamiento junto con daños inesperados en el reductor del eje longitudinal de la materia prima, son las causas más recurrentes que ocasionan inactividad en la línea de producción.
- Para la aplicación del cambio rápido de trabajo se establecieron las actividades necesarias para el cambio del producto y a la vez sus tiempos y la asignación de actividades internas y externas a la que corresponden.
- Se redujeron los tiempos de las actividades para el alistamiento de la maquinaria en un 53,57% con técnicas que no requirieron de inversiones por parte de la organización.
- Entre las causas de los tiempos de inactividad se encontraban varios factores de calidad que fueron solucionados gracias al C.R.T. presentando a Novacero S.A. la oportunidad de expandir sus proyectos de mejora continua con la implementación de lean manufacturing en sus procesos.
- El C.R.T. propuso la reducción de los costos de no calidad y el aumento de la capacidad de producción antes inhibida por tiempos de inactividad.
- El aumento del 15% de la eficiencia real de productividad, aplicando un C.R.T., en la línea de producción TREN 2 de la organización, ratificó la hipótesis planteada del establecimiento de una mejora continua y ésta propuesta determinó una tentativa de ganancia por ahorro de costos de no calidad de \$22184,17.

13.2. RECOMENDACIONES

- Para el aumento del indicador E.R.P., en función de los sub-indicadores de Rendimiento y Calidad se podrían aplicar otras herramientas de la manufactura esbelta como las 5`s y la producción justo a tiempo.
- Se recomienda a la organización expandir ésta propuesta a todos los procesos que realiza.
- Una vez implementados todos los sistemas necesarios para la aplicación de éstas herramientas, se recomienda evaluar el E.R.P. de manera mensual.

14. BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón, A. (2014). IMPLEMENTACIÓN DE OEE Y SMED COMO HERRAMIENTAS DE LEAN MANUFACTURING EN UNA EMPRESA DEL SECTOR PLÁSTICO. Universidad de Guayaquil, Guayaquil. Recuperado el 21 de Enero de 2018
- Castillo Rivadeneira, I. (2010). DISEÑO PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE PRODUCCIÓN ESBELTA APLICANDO LAS 7's PARA LA FÁBRICA DE BLOQUES "EL ROSARIO" EN TACHINA ESMERALDAS PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD Y CALIDAD DE LA EMPRESA. UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA EQUINOCCIAL, ESMERALDAS.
- CHANGOUISA CAMACHO, M. C. (2013). CONTROL ESTADÍSTICO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PERFILES EN LA EMPRESA NOVACERO PLANTA LASSO. UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS, SANGOLQUI. Recuperado el 25 de Enero de 2018
- Chse, R., & Jacobs, R. (2009). Administración de Operaciones, Producción y Cadena de Suministros. México: Mc Graw Hill.
- Delgado Hernández, F. (s.f.). Expansion.mx. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de <http://expansion.mx/manufactura/2011/11/07/empres>
- Gutierrez, G. (2000). Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones (Quinta ed.). México: Ediciones Castillo S. A. de C. V., Monterrey, Nuevo León,.
- Hernández, M., & Vizán, I. (2013). Lean Manufacturing. Madrid: Escuela de Organización Industrial.
- Ibarra Balderas, V. M., & Ballesteros Medina, L. L. (s.f.). Manufactura Esbelta. Obtenido de <http://www.redalyc.org/>
- MTM, I. (2010). MTM Ingenieros. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de <http://mtmingenieros.com/knowledge/que-es-smed/>

- NOVACERO, S. (20 de Julio de 2012). Formato de Salida No conforme. F-NC.01, Segunda. (C. Changoluisa, Ed.) Latacunga, Cotopaxi, Ecuador. Recuperado el 25 de Enero de 2018
- Pérez , G., Marmolejo , N., Mejía , A., Caro, M., & Rojas, J. (2016). Mejoramiento mediante herramientas de la manufactura esbelta, en una empresa de confecciones. Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba. Recuperado el 23 de Enero de 2018, de <http://www.redalyc.org/articulo.oa>
- Producción, H. L. (2010). www.leanproduction.com. Recuperado el 21 de Enero de 2018, de www.leanproduction.com
- Progressa. (26 de Septiembre de 2016). Origen y Evolución de Lean Manufacturing. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de <http://www.progressalean.com/origen-y-evolucion-del-lean-manufacturing/>
- Shingo, S. (2002). SMED, Técnicas para Reducción de Tiempos de Productividad. Japón.
- UNESCO, C. (2015). Nomenclatura para los campos de ciencias y tecnologías. Cartagena: Sección de posgrados y educación continua.
- (s.f.), K. (s.f.). Kailean. Recuperado el 17 de Enero de 2017, de <http://kailean.es/muda-mura-muri-toyot>
- (s.f.), L. M. (s.f.). leanmdc. Recuperado el 17 de Enero de 2018, de http://www.leanmdc.com/herramientas_lean_manufacturing.html

15. ANEXOS

ANEXO A. Hoja de vida del autor



DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Roberto Geovanny Peñarreta Flores

FECHA DE NACIMIENTO: 17 de Febrero de 1996

CÉDULA DE CIUDADANÍA: 080344441-3

DIRECCIÓN DOMICILIO: Latacunga, Eloy Alfaro, San Felipe

ESTADO CIVIL: Soltero

CELULAR: +593 986710730

E-MAIL: rober_smog@hotmail.com

ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: Escuela Fisco misional “Sagrado Corazón”

NIVEL SECUNDARIO: Colegio “Juan XXIII”

NIVEL SUPERIOR: Universidad Técnica de Cotopaxi/ Ing. Industrial Noveno Semestre

CURSOS Y SEMINARIOS

- DISEÑO INDUSTRIAL Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES (40 HORAS) (25, 26, 27 Y 28 DE NOVIEMBRE DEL 2014).
- TALLER ISO 9001:2015 (8HORAS) (1 DE NOVIEMBRE DEL 2017).
- XXVI CONGRESO LATINO AMERICANO DE ESTUDIANTES E INGENIEROS INDSUTRIALES Y AFINES (40 HORAS). (DEL 29 DE OCTUBRE AL 4 DE NOVIEMBRE DE 2017).
- I SEMINARIO NACIONAL DE ESTUDIANTES E INGENIEROS INDUSTRIALES: PRODUCCIÓN, CALIDAD, SEGURIDAD. (30 HORAS) (6, 7 Y 8 DE FEBRERO DEL 2014).

EXPERIENCIA LABORAL

2 meses de prácticas en “PDA” Palmeras de los Andes en el área de Producción y Calidad.

6 meses de prácticas en “NOVACERO” Planta Lasso en el área de Control de Calidad.

REFERENCIAS PROFESIONAL

Ing. Cristina Changoluisa

+593 98484135

ANEXO B. Hoja de vida del tutor**DATOS PERSONALES:**

Nombres y Apellidos: Ángel Marcelo Tello Córdor

Lugar de Nacimiento: Latacunga – Cotopaxi – Ecuador.

Fecha de Nacimiento: 25 de Junio de 1966.

Estado Civil: Casado / 3 Hijos

Cédula de Identidad: 05. 0151855-9

Dirección Actual: Av. Unidad Nacional / Rubén Terán V. Barrio el Niágara. Latacunga.

EDUCACIÓN:

Primaria: Escuela Isidro Ayora.

Secundaria: Instituto Tecnológico Superior Ramón Barba Naranjo

Bachiller Técnico en Mecánica Industrial

Superior:

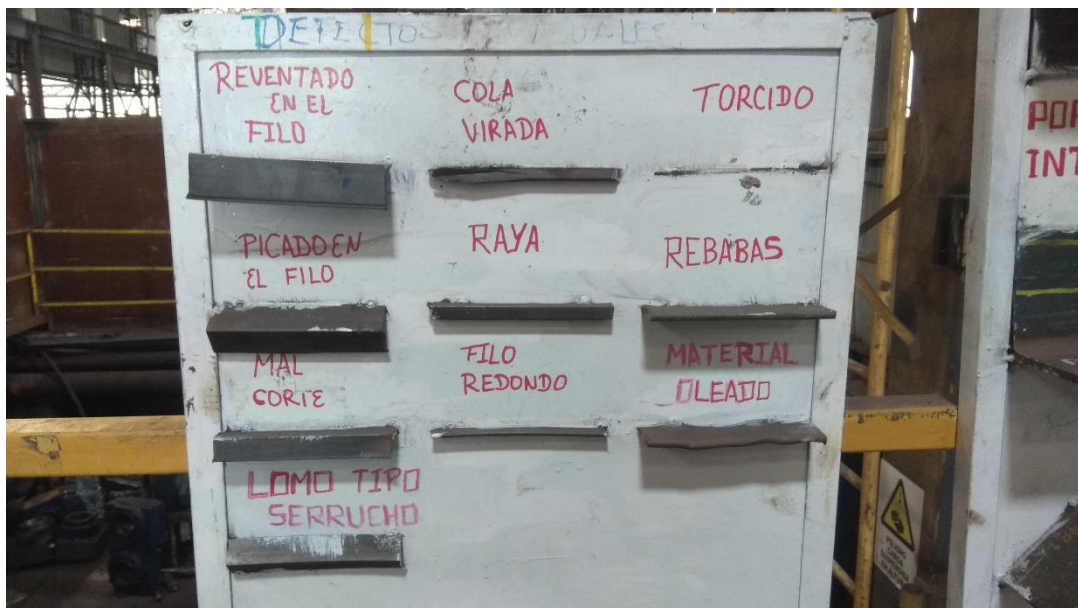
Ingeniero Industrial: Universidad Tecnológica Indoamérica

Maestría en Gestión de la Producción: Universidad Técnica de Cotopaxi

ANEXO C. Defectos visuales ángulos



ANEXO D. Defectos visuales Pletinas



ANEXO F. Resumen del plan de producción del mes de diciembre 2017.



NOVACERO S.A.
PROGRAMA DE PRODUCCION

F-PR.05
Edición: Cero
Pág: 4 / 4

Sección: P312 TREN 2
Grupo: P312 TREN 2
Planta: L PLANTA LASSO

Mes: 12
Año: 2017
Estado: VALIDADO

Fecha Actualización: 19/12/2017
Clase Actualización: 300
Motivo Actualización:

RESUMEN

Codigo Articulo	Nombre Articulo	Cantidad (unidad)	Cantidad (tn)	S. Master Cantidad dis. (unidad)	S. Master Cantidad dis. (tn)
LAG0750612000	AL 75 X 6.0 X 12 MTS	400.00	32.556	400.000	32.556
LAG10006	AL 100 X 6.0	911.00	50.000	974.000	53.395
LAG10010	AL 100 X 10	332.00	30.000	504.000	45.466
LAG510010	AL 100 X 10 GR50	1,093.00	98.600	-1,091.000	-98.419
LAG510012	AL 100 X 12 GR50	280.00	29.960	-280.000	-29.960
LAG57506	AL 75 X 6 GR50	3,424.00	139.323	-38.000	-1.546
LAG5750612000	AL75X 6X12 GR 50	2,460.00	200.219	-150.000	-12.209
LAG575064800	AL 75 X 6 X 4800 GR50	900.00	29.295		
LAG57508	AL 75X8 GR50	1,120.00	59.920		
LBC11000	BC 11.0 MM.	5,263.00	30.000	-3,109.000	-17.721
LVC01612	VC MICROALEADA A42 16mmX12m	44,899.00	850.000	12,754.000	241.433
LVC01615	VC MICROALEADA A42 16mmX15m	1,689.00	40.000		
LVC01809	VC MICROALEADA A42 18mmX9m	1,390.00	25.000	478.000	8.594
LVC01812	VC MICROALEADA A42 18mmX12m	14,600.00	350.000	-965.000	-23.131
LVC01815	VC MICROALEADA A42 18mmX15m	834.00	25.000		
LVC02509	VC MICROALEADA A42 25mmX9m	2,306.00	80.000	1,892.000	65.596
LVC02512	VC MICROALEADA A42 25mmX12m	12,977.00	600.000	29,316.000	1,355.279
LVC02515	VC MICROALEADA A42 25mmX15m	692.00	40.000		
		Total Peso Periodo:	2,949.872		

ANEXO G. Elementos de los stands (Cilindros)



ANEXO H. Elementos de los stands (Casetas)**ANEXO I. Elementos de los stands (Stands de desbaste)**

ANEXO J. Stand 20, acabador



ANEXO K. Elementos de los stands (Guías de entrada y salida)



ANEXO L. Ejemplo de cambio de stand en otra línea de producción



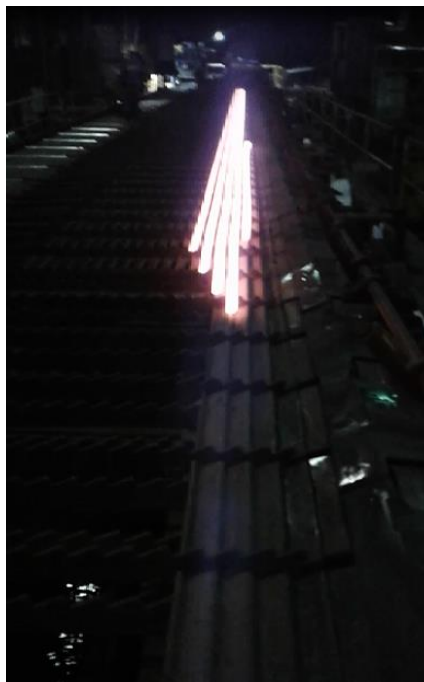
ANEXO M. Choque de palanquilla en Stand 20.



ANEXO N. Acople de guía de salida. Turno Nocturno



ANEXO O. Producto en mesa de enfriamiento.



ANEXO P. Registro de carta del 07/12/2017.

AL75X6

INSPECTOR C. CALIDAD: SAÚL CAIZA

FECHA: 07-12-2017

PESO NOMINAL :

HORA	Colada	ANCHO ALMA X					ANCHO ALA Y					ESPEJOR ALMA a					ESPEJOR ALA b					ESCUADRIA	FLECHA		Peso	Longitud
		x1	x2	x3	\bar{X}	Rx	y1	y2	y3	\bar{Y}	Ry	a1	a2	a3	\bar{a}	Ra	b1	b2	b3	\bar{b}	R b		$\theta(^{\circ})$	6 m Max 24 mm		
6:00	26105	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,50	5,00		470,00	
6:30	26105	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,70	5,00		470,00	
7:00	26105	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,50	5,00		470,00	
7:30	26105	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,70	5,00		470,00	
8:00	26105	75,30	75,32	75,34	75,32	0,04	75,96	75,96	75,94	75,95	0,02	6,04	6,04	6,02	6,03	0,02	6,06	6,06	6,04	6,05	0,02	0,80	4,00		470,00	
8:30	PARA	CHOCA EN LOS			#####	0,00			#####	0,00			#####	0,00					#####	0,00						
9:00	PARA	BOTADORES			#####	0,00			#####	0,00			#####	0,00					#####	0,00						
9:30	26104	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,70	5,00		470,00	
10:00	26104	75,30	75,32	75,34	75,32	0,04	75,96	75,96	75,94	75,95	0,02	6,04	6,04	6,02	6,03	0,02	6,06	6,06	6,04	6,05	0,02	0,80	4,00		470,00	
10:30	PARA	SE LLENO LA MESA			#####	0,00			#####	0,00			#####	0,00					#####	0,00						
11:00	26104	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,50	5,00		470,00	
11:30	26104	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,70	5,00		470,00	
0:00	ALMUERZ	75,30	75,32	75,34	75,32	0,04	75,96	75,96	75,94	75,95	0,02	6,04	6,04	6,02	6,03	0,02	6,06	6,06	6,04	6,05	0,02	0,80	4,00		470,00	
0:30	26104 P.	75,60	75,62	75,62	75,61	0,02	76,00	76,00	76,00	76,00	0,00	6,04	6,00	60,40	24,15	54,40	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,60	6,00		500,00	
1:00	26086	75,60	75,62	75,62	75,61	0,02	76,00	76,00	76,00	76,00	0,00	6,04	6,00	60,40	24,15	54,40	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,60	6,00		500,00	
1:30	PARA	75,60	75,62	75,62	75,61	0,02	76,00	76,00	76,00	76,00	0,00	6,04	6,00	60,40	24,15	54,40	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	0,60	6,00		470,00	
2:00	PARA	75,20	75,22	75,24	75,22	0,04	75,96	75,98	76,02	76,00	0,04	6,00	6,00	6,00	6,00	0,00	6,06	6,04	6,04	6,05	0,02	0,70	5,00		470,00	

ANEXO Q. Registro de carta del 04/12/2017.

REGISTRO													
CONTROL DE PRODUCTO EN PROCESO													
FECHA: 04-012-2017													
AY		ESPESOR ALMA a					ESPESOR ALA b					ESCUADRIA	FLE
\bar{Y}	Ry	a1	a2	a3	\bar{a}	Ra	b1	b2	b3	\bar{b}	R b	$\theta(^{\circ})$	6 m Max 24 mm
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00	EL DÍA DE HOY NO SE			#DIV/0!	0,00	EL DÍA DE HOY NO SE			#DIV/0!	0,00	EL DÍA DE HOY NO SE	
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00	PRODUCE PORQUE			#DIV/0!	0,00	PRODUCE PORQUE			#DIV/0!	0,00	PRODUCE PORQUE	
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00	SE TERMINA SDE HAC			#DIV/0!	0,00	SE TERMINA SDE HAC			#DIV/0!	0,00	SE TERMINA SDE HACER	
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		
#DIV/0!	0,00	EL CAMBIO DE PARA			#DIV/0!	0,00	EL CAMBIO DE PARA			#DIV/0!	0,00	EL CAMBIO DE PARA	
#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00				#DIV/0!	0,00		