



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

ESCUELA DE POSTGRADO Y ESTUDIOS CONTINUOS

REINGENIERÍA EN LA PRODUCTIVIDAD EN EL
PROCESO DE UNIÓN DE TUBERÍAS DE COBRE
EN UNA EMPRESA ELECTROMECAÁNICA, LIMA
2020

Tesis para optar el grado de MAESTRO en:

DIRECCIÓN DE OPERACIONES Y CADENA DE
ABASTECIMIENTO

Autor:

Juan Manuel Benites Leyva

Asesor:

Mg. Jungbluth Adrianzén, Luis Ernesto

Lima - Perú

2021

Resumen

Esta investigación tiene como objetivo principal determinar cuánto influye la reingeniería en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

El diseño de esta investigación es pre experimental de tipo explicativa y busca determinar la influencia de la variable independiente (Reingeniería) que ejerce sobre la variable dependiente (Productividad). Tiene como unidad de análisis el proceso de soldeo de tuberías de cobre rígido tipo L en la instalación de sistemas de aire acondicionado tipo VRV, se hicieron 37 observaciones de una población de 127 uniones de tuberías de cobre del proyecto x en la empresa JK Projects Perú, la recolección de datos se hace a través de observaciones de tiempos del proceso.

Tres grandes fuerzas impulsan a las organizaciones globales a tomar medidas audaces para ser sostenibles en el tiempo: El cliente, La competencia y el Cambio. (Nemiña, 2009). Hammer, en su libro *Reingeniería* señala que en los procesos lo único constante es el cambio.

En base a lo anterior, esta investigación plantea el rediseño del proceso de soldeo actual pasando de aplicación de calor para unir tuberías a usar conectores libres de soldadura. Para determinar el nivel de influencia de la reingeniería implementada se midió el proceso a través de dos grupos de control. El primer grupo sirvió para establecer los niveles de productividad existente y el segundo grupo para determinar el nivel de influencia.

Esta investigación concluye que la variable Reingeniería influye significativamente en la productividad en el proceso de unión de tuberías de cobre. Esta afirmación se sustenta en los resultados post implementación tales como: La productividad se incrementa en un 144%, el tiempo estándar se reduce de 7.16 min/ud a 2.93 min/ud.

Palabras clave: Reingeniería, productividad, eficiencia, eficacia y rentabilidad.

Abstract

The main objective of this research is to determine how much reengineering influences the increase in productivity of the process of joining copper pipes in an electromechanical company, Lima 2020.

The design of this research is pre-experimental of an explanatory type and seeks to determine the influence of the independent variable (Reengineering) that it exerts on the dependent variable (Productivity). Its analysis unit is the welding process of rigid copper pipes type L in the installation of air conditioning systems type VRV, 37 observations were made of a population of 127 joints of copper pipes of project x in the company JK Projects Peru, the data collection is done through observations of times of the process.

Three great forces drive global organizations to take bold steps to be sustainable over time: The customer, Competition and Change. (Nemiña, 2009). Hammer, in his book Reengineering, points out that the only constant in processes is change.

Based on the above, this research proposes the redesign of the current welding process, going from the application of heat to join pipes to using solder-free connectors. To determine the level of influence of the implemented reengineering, the process was measured through two control groups. The first group served to establish the existing productivity levels and the second group to determine the level of influence.

This research concludes that the Reengineering variable significantly influences productivity in the process of joining copper pipes. This statement is based on post-implementation results such as: Productivity increases by 144%, the standard time is reduced from 7.16 min / unit to 2.93 min / unit.

Keywords: Reengineering, productivity, efficiency, effectiveness and profitability.

Dedicatoria y Agradecimientos

*Dedicada a mi madre, María Modesta Leyva
Rojas, por su inquebrantable fe, tenacidad y
amor incondicional.*

*A mi familia, a mi esposa Karina Gallos
Reyes, a mis hijos Juan Carlos y Mayte.*

*Un agradecimiento especial a la Universidad Privada
del Norte por la oportunidad invaluable de permitirme
lograr mis objetivos profesionales.*

Tabla de contenidos

Dedicatoria y Agradecimientos	IV
Tabla de contenidos	V
Índice de tablas.....	VII
Índice de Figuras	VIII
Anexos.....	X
I. INTRODUCCIÓN.....	11
I.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	11
I.2 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	12
I.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
I.4 JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	13
I.5 ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN	14
II. MARCO TEÓRICO.....	15
II.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	15
II.2 ANTECEDENTES NACIONALES.....	15
II.3 BASES TEÓRICAS	17
II.3.1 La reingeniería de procesos	17
II.3.2 Productividad.....	23
II.3.3 Pruebas de correlación e influencia.	33
II.3.4 Criterios técnicos de evaluación de inversiones	34
III. HIPÓTESIS.....	38
III.1 DECLARACIÓN DE HIPÓTESIS	38
III.1.1 Hipótesis general.....	38
III.1.2 Hipótesis específica.....	38
III.2 PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE REINGENIERÍA.....	38
III.3 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.	42
IV. DESCRIPCIÓN DE MÉTODO Y ANÁLISIS	44
IV.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	44
IV.2 UNIDAD DE ANÁLISIS	44
IV.3 POBLACIÓN	44
IV.4 MUESTRA.....	44
IV.5 TÉCNICAS Y RECOLECCIÓN DE DATOS.....	45
IV.6 MÉTODO Y PROCEDIMIENTOS DE ANÁLISIS DE DATOS.....	48
V. RESULTADOS	49
V.1 ANÁLISIS DESCRIPTIVO.	49
V.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	66

V.2.1	Resultado 1 – Objetivo General (R1).	66
V.2.2	Resultado 2 – Objetivo específico 1 – Variable: Reingeniería-Dimensión Estudio del proceso. 69	
V.2.3	Resultado 3 – Objetivo específico 2 – Variable: Reingeniería-Dimensión rediseño..	72
V.2.4	Resultado 4 – Objetivo específico 3 – Variable: Productividad.....	74
VI.	DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.	85
VI.1	DISCUSIONES.....	85
VI.2	CONCLUSIONES.....	87
VII.	BIBLIOGRAFÍA.....	88
ANEXOS	90

Índice de tablas

Índice de tablas

Tabla N° 1. Hoja de presupuesto de la implementación de la reingeniería	42
Tabla N° 2. Tabla de suplementos.....	51
Tabla N° 3. Resumen de indicadores resultantes del estudio de tiempos - Situación actual.....	55
Tabla N° 4. Muestras Grupo de control 2.....	59
Tabla N° 5. Principales indicadores post implementación de la reingeniería.	63
Tabla N° 6. Estado de ganancias y pérdidas proyectado - Antes de la reingeniería.....	64
Tabla N° 7. Estado de ganancias y pérdidas proyectado - Después de la reingeniería.....	64
Tabla N° 8. Diferencia de resultados - Estado mejorado menos estado actual.	65
Tabla N° 9. Tabla de acumulados - Reingeniería en la productividad.....	66
Tabla N° 10. Test de normalidad de la variable dependiente.	67
Tabla N° 11. Análisis de correlación con mínimos cuadrados- Influencia de la reingeniería.	67
Tabla N° 12. Prueba de hipótesis general.	69
Tabla N° 13. Análisis de regresión - Dimensión Estudio del proceso.....	69
Tabla N° 14. Análisis de regresión para la dimensión rediseño.	72
Tabla N° 15. Prueba de hipótesis tiempo estándar.....	75
Tabla N° 16. Prueba de hipótesis Costo de mano de obra.....	77
Tabla N° 17. Prueba de hipótesis productividad del trabajo.	78
Tabla N° 18. Prueba de hipótesis eficiencia operativa.	80
Tabla N° 19. Prueba de hipótesis capacidad de planta.	81
Tabla N° 20. Análisis de Valor actual neto.....	82
Tabla N° 21. Prueba de hipótesis Beneficios de la reingeniería.....	83

Índice de Figuras

Figura N° 1. Reingeniería vs rediseño.	18
Figura N° 2. Numero recomendado de observaciones.	25
Figura N° 3. Ecuación para determinar muestra a partir de observaciones anteriores.	25
Figura N° 4. Value Stream Mapping.	27
Figura N° 5. Componentes de soldeo con autógena.	29
Figura N° 6. Accesorios libres de soldadura - push-fitt.	30
Figura N° 7. Secuencia de montaje con accesorios de presión.	30
Figura N° 8. Sistema de unión Vulkan Lockring.	31
Figura N° 9. Certificado de test de Presión – Vulkan.	32
Figura N° 10. Ventajas del sistema de unión de tuberías libres de soldadura.	33
Figura N° 11. Gráfica de regresión lineal.	33
Figura N° 12. Ecuación del coeficiente Jarque-Bera.	34
Figura N° 13. Criterio de evaluación de inversión.	35
Figura N° 14. Gráfica de flujo de ingresos netos.	35
Figura N° 15. Criterios de evaluación TIR.	36
Figura N° 16. Ecuación para cálculo del WACC.	37
Figura N° 17. Mapa de cadena de valor del proceso actual.	39
Figura N° 18. Sistema de soldeo actual vs sistema de uniones libre de soldadura.	40
Figura N° 19. Prueba piloto - Test de presiones conectores libres de soldadura.	40
Figura N° 20. Resultados test de presiones de piloto uniones libre de soldadura.	41
Figura N° 21. Correctivos prueba piloto -Unión de cobre libre de soldadura.	41
Figura N° 22. Ecuación para determinar la muestra.	45
Figura N° 23. Cálculo de tamaño de muestra	45
Figura N° 24. Diagrama de ensamble, proceso de instalación de tuberías.	46
Figura N° 25. Lista de actividades del proceso instalación de tuberías de cobre de la empresa JKP.	47
Figura N° 26. Cronometraje con vuelta a cero.	47
Figura N° 27. Modelo de Mapa de cadena de Valor.	48
Figura N° 28. Hoja de resultados del 04/12.2020.	49
Figura N° 29. Hoja de resultados del 06/12/2020.	50
Figura N° 30. Hoja de resultados del 07/12/2020.	50
Figura N° 31. Consideraciones ergonómicas del operario 01.	51
Figura N° 32. Consideraciones ergonómicas del operario 02.	52
Figura N° 33. Consideraciones ergonómicas del operario 03.	53
Figura N° 34. Resumen de tiempo estándar del proceso de soldeo.	54
Figura N° 35. Resumen de estudios de tiempos y movimientos – GC1.	55
Figura N° 36. Tiempos de Valor agregado - Proceso actual.	56
Figura N° 37. Tiempos por tipo de actividades.	56
Figura N° 38. Diagrama de ensamble del nuevo proceso de unión de tuberías de cobre.	57

Figura N° 39. Mapa de cadena de valor - Proceso rediseñado.....	58
Figura N° 40. Test de normalidad Jarque-Bera Grupo de control 2	60
Figura N° 41. Tiempo estándar - Muestras grupo de control 2.....	61
Figura N° 42. Tabla de resultados grupo de control 2, muestreo posterior al rediseño del proceso.	62
Figura N° 43. Gráfica de resultados posteriores al rediseño del proceso.	62
Figura N° 44. Gráficas principales indicadores post implementación de la reingeniería.....	63
Figura N° 45. Gráfica de influencia de la reingeniería.	68
Figura N° 46. Gráfica análisis de regresión - Dimensión estudio del proceso.....	70
Figura N° 47. Matriz influencia del estudio del proceso en la productividad.	70
Figura N° 48. Gráfica de influencia del estudio del proceso sobre productividad.	71
Figura N° 49. Gráfica de correlación de Rediseño.	73
Figura N° 50. Matriz de influencia rediseño en la productividad.....	73
Figura N° 51. Gráfica tiempo estándar antes y después de la reingeniería.	74
Figura N° 52. Gráfica - costo de mano de obra antes y después de la reingeniería.....	76
Figura N° 53. Gráfica - Productividad del trabajo antes y después de la reingeniería.....	78
Figura N° 54. Gráfica - Eficiencia operativa antes y después de la reingeniería.....	79
Figura N° 55. Gráfica - Capacidad operativa antes y después de la reingeniería.....	81
Figura N° 56. Gráfica - beneficios financieros.....	82
Figura N° 57. Análisis TIR y Período de recuperación de Inversión.....	83

Anexos

Anexo n.º 1. Base de datos - Resultados de muestreo de grupos de control.	91
Anexo n.º 2. Ficha de validación de instrumento Reingeniería.	92
Anexo n.º 3. Ficha de validación de instrumento Productividad.	93
Anexo n.º 4. Matriz de consistencia.	94
Anexo n.º 5. Actividades del proceso de instalación de tuberías de cobre	96
Anexo n.º 6. Formato de toma de datos - Observación del 04-12-2020 – 1-6.	98
Anexo n.º 7. Formato de toma de datos - Observación del 04-12-2020 – 7-13	100
Anexo n.º 8. Formato de toma de datos - Observación del 04-12-2020 – 14-18	102
Anexo n.º 9. Formato de toma de datos - Observación del 06-12-2020 – 18-22.	104
Anexo n.º 10. Formato de toma de datos - Observación del 07-12-2020 – 22-27.	106
Anexo n.º 11. Formato de toma de datos - Observación del 07-12-2020 – 27-31.	108
Anexo n.º 12. Formato de toma de datos - Observación del 07-12-2020 – 32-37.	110
Anexo n.º 13. Tabla de distribución t.	112
Anexo n.º 14. Observaciones grupo de control 1.....	113

INTRODUCCIÓN

I.1 Realidad problemática

La industria en general enfrenta hoy en día un reto transformacional a escala global debido a la emergencia sanitaria mundial generada por el Covid-19. La competitividad será sin duda uno de los factores que determinará la supervivencia de las empresas en un mundo de cambios. Michael Hammer advierte que con certeza lo único constante en un mundo de cambio es el cliente, la competencia y el cambio. (Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017). Una de las dimensiones de mayor relevancia de la competitividad es la productividad que bien podría entenderse como un termómetro que gatilla una alerta acerca de cómo se consumen los recursos de un país, o de una organización privada o simplemente de un proceso en relación a sus resultados.

La productividad de los procesos industriales es la búsqueda constante de mejores prácticas, de tecnología que permita mejorar los procesos eliminando lo que los japoneses denominan las 7 mudas o desperdicios de los procesos. La productividad es un indicador de evaluación de gran importancia tanto para la gestión de una empresa privada como para la del sector público. Los niveles de satisfacción de los clientes dependen en gran medida del alto grado de productividad de las empresas globales, del mismo modo el clima organizacional depende del nivel de productividad de los procesos de la organización. Si la organización logra niveles de productividad óptimos los dividendos de los accionistas mejoran, es decir, la productividad termina beneficiando al cliente, a la sociedad y a los inversionistas. En ese sentido dar una mirada a los cambios globales que luego se convierten en tendencia deben ser mapeados adecuadamente, es el caso de las buenas prácticas aplicadas en los procesos de instalación de tuberías para sistemas de climatización a nivel global y sobre todo en países desarrollados como estados Unidos y Europa, específicamente en el método de uniones de tuberías de cobre libres de soldadura en caliente que permitan reducir tiempos e incrementar la productividad para lograr organizaciones competitivas.

Según el último reporte global de competitividad del WEF (World Economic Forum) publicado en setiembre de 2020, el Perú ocupó el puesto 65 de 148 países en 2019, subimos del puesto 62 del año 2018. En el mismo reporte se advierte un estancamiento en el factor de eficiencia. Dos de los 12 pilares del indicador competitividad tomado en cuenta por el WEF son: Eficiencia del mercado laboral e innovación tecnológica. Precisamente estos dos factores tienen un papel clave en los procesos de producción para la elaboración de bienes o servicios.

La construcción es un sector productivo de gran impacto en el PBI y será clave en la recuperación del mismo en los siguientes semestres dada la coyuntura de la pandemia que nos afecta por estos meses. El sector construcción alberga una serie de actividades conexas a las que se les puede denominar Clúster. Así tenemos grandes, pequeñas y medianas empresas que brindan servicios y suministros para las diferentes especialidades partes del proceso

constructivo. Una de estas especialidades es el sector electromecánico, encargado de suministrar e implementar los sistemas eléctricos, HVAC (*Heating Ventilation Air Conditioning* por sus siglas en inglés), Sistemas contra Incendio, Sistemas de presión constante para agua y desagüe, Ascensores, Data Center, etc.

El rubro HVAC, encargado de dotar de sistemas de ventilación mecánica y climatización, juega un papel clave en la productividad de un proyecto de construcción, pues en determinadas etapas del proceso constructivo se convierte en cuellos de botella o actividad restrictiva de otros procesos dado que es una tarea precedente de éstos. Cumplir con los tiempos, con los niveles de seguridad y salud ocupacional; y sobre todo con la calidad hacen imperativo medir y mejorar su productividad. El proceso de instalación de tuberías de cobre, utilizado en la instalación de los sistemas de climatización implica trabajos o actividades con niveles de seguridad severa, calidad y precisión para asegurar hermeticidad de la red de refrigeración. Actualmente las uniones de las tuberías se hacen con accesorios soldables para la cual se utilizan equipos de soldadura oxiacetilénica. Para el proceso de soldadura se debe cumplir con las disposiciones de seguridad y salud en el trabajo que implican el uso de elementos de protección personal especial, procedimientos y permisos para trabajos en caliente que suman tiempos y actividades que no agregan valor, convirtiéndose en tiempos muertos. Otro aspecto no menos importante de este proceso es el nivel de hermeticidad necesaria que se requiere en la red de tuberías para evitar fugas de gas refrigerante, para lo cual se hacen pruebas de presión a 500 PSI. Los rechazos por fugas en las redes son en promedio 15%, éstos generan reprocesos y excesos de horas hombre no programadas.

Esta situación podría generar pérdida de competitividad en el futuro, la tendencia actual se enfoca en el uso de tecnologías limpias que aporten valor, el cambio de método de elementos soldables a conectores mecánicos libres de soldadura son una oportunidad. Los costos pueden verse incrementados debido a los escasos de oxígeno, insumo básico para el proceso de soldadura.

Estas características en particular nos llevan a pensar en la posibilidad de rediseñar el proceso y hacer un cambio radical. Conceptos disruptivos como Reingeniería propuesto por Michael Hammer nos hacen pensar en la pregunta: *“Si tuviéramos que volver a crear el proceso desde cero, teniendo en cuenta lo que ya sabemos y la tecnología disponible, ¿cómo sería el nuevo proceso?”*. (Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017).

Esta investigación se propone como pregunta de investigación:

I.2 Preguntas de investigación

¿Cuánto influye la reingeniería en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?

¿Cuánto influye el estudio del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?

¿Cuánto influye el rediseño del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?

¿Cuánto varían los valores de los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano de obra y resultados anteriores y posteriores a la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?

I.3 Objetivos de la investigación

Objetivo General

Determinar cuánto influye la reingeniería en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020

Objetivos Específicos

- ✓ Determinar Cuánto influye el estudio del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.
- ✓ Determinar Cuánto influye el rediseño del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.
- ✓ Determinar cuánto varían son los valores de los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano de obra y resultados anteriores y posteriores a la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

I.4 Justificación de la investigación

Esta investigación postula como justificación de valor **teórico** el aporte de conocimiento relevante de herramientas de gestión y análisis disponibles para intervenciones de reingeniería en los procesos de soldaduras de tuberías de cobre el rubro electromecánico y en particular de la disciplina de climatización. Servirá como referencia académica para alumnos de ingeniería, investigadores en general y empresas del rubro de la referencia en los diferentes términos y metodología utilizada para la reingeniería del proceso en la disciplina referida.

Su justificación **práctica** se basa en la aplicación de los principios de reingeniería de procesos para lograr incrementar la productividad del subproceso soldadura. Para lo cual se hace uso de diagramas de control de procesos y herramientas de gestión de la disciplina Lean Manufacturing tales como: Teoría de restricciones y Value Stream Mapping. Servirá como guía práctica para investigadores de la disciplina de ingeniería de procesos, estudiantes en general y empresas del rubro climatización interesadas aplicar reingeniería en sus procesos.

I.5 Alcance de la investigación

Esta investigación, según su propósito, fue aplicada en un proceso de soldadura de cobre tipo “L” para sistemas de climatización tipo VRV (Volumen de refrigerante variable) en una empresa electromecánica en la ciudad de Lima y dos proyectos en particular uno realizado en la ciudad de Lima y el otro en la ciudad de Huánuco. Por su alcance o nivel de profundidad es **explicativa**, ya que busca identificar el nivel de influencia de la reingeniería del proceso de soldadura y la productividad de dicho proceso.

La investigación podría tener un alcance en la instalación de tuberías de cobre para sistemas de aire acondicionado en el rubro de climatización tanto en Lima como a nivel nacional. Esta investigación no incluye procesos de soldadura similares tales como unión de tubería de cobre flexible aplicados en refrigeración o tuberías para gas.

MARCO TEÓRICO

I.6 Antecedentes Internacionales

Como marco de referencia teórica y práctica a continuación se describen 4 investigaciones nacionales y 02 investigaciones internacionales.

Calderón, Andrade, Hernandez Gress & Montufar Benítez (2020) en su investigación titulada *Productivity Improvement through Reengineering and Simulation: A Case Study in a Footwear-Industry* se planteó como objetivo “Mostar la utilidad de aplicar la reingeniería en el caso de la industria del calzado para realizar una propuesta de cambio del área problemática y la línea de producción de decoración así como compararla con el proceso actual utilizando modelos de simulación realizados en el Software Arena” así “a través de la reingeniería de procesos, se propuso mejorar ciertos indicadores de producción como: cantidad de productos obtenidos al final de un turno de trabajo, uso de recursos y el inventario en el proceso de cada actividad. Se recopilaron datos y se utilizó análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento. En este sentido, se tomaron tiempos de producción en las actividades de la línea 1 de decoración, lo que sirvió para realizar la simulación y, así, comparar el diseño actual de la Línea 1 con la propuesta”. Los resultados indicaron que la tasa de producción aumenta en aproximadamente un 29% con el nuevo diseño, utilizando los mismos recursos. Además, utilizando la herramienta OptQuest del software Arena™, se descubrió que, con el nuevo proceso, la tasa de producción podría incrementarse hasta en un 41% en comparación con el proceso actual.

Valencia, Luis (2016) en su investigación titulada *Reingeniería de los procesos de soldadura para incrementar la productividad en la construcción de concreteras para la obra civil de la empresa SECONSTRU*. Cuyo objetivo fue “Realizar la reingeniería de los procesos de soldadura en la producción de concreteras de la empresa SECONSTRU” según el investigador” fue necesario además realizar los flujos de los procesos de soldadura de los diferentes elementos que conforman la concretera para con la aplicación de herramientas de mejora identificar los defectos en el proceso y de esta manera diseñar el proceso ideal y los registros para el control del mismo, eliminando las desviaciones detectadas”. Finalmente “Se estableció el proceso resultante de la reingeniería para su aplicación, con el diseño del diagrama del flujo del proceso y los registros de control de proceso de soldadura en SECONSTRU.

I.7 Antecedentes nacionales

Pérez, Eder (2019) en su investigación titulada *Aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la Empresa Revasac, Ventanilla, 2019* con el objetivo de “aumentar la productividad en la obtención de sulfato de cobre pentahidratado en la empresa Revasac., Ventanilla 2019” esta “investigación corresponde a un estudio del tipo aplicado teniendo un enfoque cuantitativo de nivel explicativo, por lo que busca dar a conocer y/o explicar las causas, circunstancias y los efectos que en ella

puedan originar la aplicación de la Reingeniería de procesos. Además, tiene un diseño experimental de tipo cuasi experimental” esta investigación da cuenta del rediseño del método en el proceso de producción utilizando una nueva materia prima, se diseñó un nuevo diagrama de flujo de proceso PFD y diagrama de tuberías e instrumentación P&ID, obteniendo el mismo producto final sin variar sus propiedades químicas y físicas. Como resultados se cuenta el “aumento y/o incremento de la productividad después de la aplicación de la reingeniería de procesos fue de un promedio de producción de 199.4 toneladas x mes, el cual equivale a un promedio de producción de 0.346 t/h, superior al promedio de producción anterior. el cual fue de 0.048 t/h, resultando un aumento en la productividad de 0.298 t/h”

Jiménez, Yamileth (2017) en su investigación **titulada** *Implementación de la reingeniería de procesos para reducir los costos de producción en el área productiva de la carpintería MAJICE, Ancash 2017*, cuyo **objetivo** fue “Determinar como la implementación de la Reingeniería de procesos reduciría los costos de producción, en el área de productiva de la carpintería MAJICE, Ancash 2017” Tuvo en “cuenta tres dimensiones como costos de materia prima, costos de mano de obra y los costos indirectos. La investigación fue cuasi experimental y tuvo como población a la producción de mesas mensual en un periodo de tiempo de 6 meses, por lo que la muestra fue igual a la población”. **Los resultados** de la implementación de esta herramienta determinaron que se logró reducir los costos de producción en 5182 soles en el periodo de 6 meses y **se concluye** que “la reingeniería es fundamental para generar grandes cambios, los beneficios como la reducción de costos logra que los negocios perduren al largo del tiempo y tomar ventajas competitivas. Aporta a esta investigación metodología y experiencia de resultados relevante en la aplicación de reingeniería de procesos.

Carlín Jiménez & Sánchez Chauca (2017) en su investigación titulada *Propuesta de mejora basada en la metodología de reingeniería para el aumento de la productividad en la fabricación de piezas para cerraduras en el área de producción de la empresa grupo Forte SAC -Lima, 2017* con el objetivo de “proponer una mejora para el aumento de productividad en la fabricación de piezas para cerraduras basada en la metodología de reingeniería en el área de producción de la empresa grupo Forte S.A.C. – Lima, 2017”. La investigación fue del tipo correlacional con un diseño no experimental, el recojo de datos se hizo a través de entrevistas, data del área de finanzas y producción, el empleo de software de diseño. **Se concluye** que los resultados fueron favorables en los 13 meses de producción analizados con los siguientes datos:

a) La productividad se incrementó de 2.78 a 5.02; b) Se redujo considerablemente los residuos en un 25.14% (S/ 21,536); c) Se redujo los costos de producción en un 40.6% de S/. 0.3336 a S/. 0.1981 por unidad producida; d) Se reducirían los tiempos de producción en un 81 % de 6.0 Seg/pza a 1.13 Seg/pza.

Torres, María (2014) en su investigación titulada *Reingeniería de los procesos de producción artesanal de una pequeña empresa cervecera a fin de maximizar su productividad*

con el objetivo de “incrementar la productividad de la empresa eliminando la rotura de stock y pérdidas monetarias ocasionadas por botellas defectuosas” la metodología utilizada se basa en un híbrido de las metodologías existentes, la cual consta de 5 fases: Planificación, identificación de procesos actuales, análisis de situación actual, rediseño de procesos e implementación. Y en cada una de ellas se hace uso de las herramientas de la ingeniería industrial adecuadas al caso en estudio; las cuales permiten calcular los tiempos estándares, las actividades que agregan o no valor y los procesos cuello de botella, y la causa raíz del problema; también, se presenta nuevas ideas para elaborar el cambio y se elabora flujogramas y diagramas de recorrido de los nuevos procesos” Como resultado se tiene que se logró planificar la producción para los próximos años para eliminar la rotura de stock; también, se elimina los productos defectuosos y el tiempo de ciclo disminuye de 23.8 min a 17.4 min, en este sentido, podemos decir que se incrementado la productividad.

I.8 Bases Teóricas

I.8.1 La reingeniería de procesos

La reingeniería de procesos es una herramienta potente de gestión, utilizada en los procesos productivos y administrativos en los diferentes rubros de la industria global, fue expuesta por Michael Hammer y James Champy a finales del siglo pasado y promovida por diferentes académicos. La reingeniería de procesos basa su enfoque en el principio que afirma que lo único permanente es el cambio y consiste en replantear los procesos, empezar de cero, reinventarlos teniendo en cuenta lo que sabemos del mismo, busca resultados espectaculares. Los procesos sufren cambios drásticos al ser reestructurados, tal como lo propusieron sus autores. Hammer al referirse al concepto de reingeniería señala que “es la revisión fundamental y el rediseño radical de procesos para alcanzar mejoras espectaculares en medidas críticas y contemporáneas de rendimiento, tales como costo, calidad, servicios y rapidez” (Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017).

La reingeniería de procesos puede aplicarse cuando otras herramientas de gestión o de mejora de los procesos fuesen insuficientes para lograr rendimientos muy superiores a los actuales, en ese sentido el nuevo proceso supone un cambio radical entre la anterior y la nueva forma de hacer una actividad, un sub proceso o un proceso según el nivel al que se requiera aplicar este enfoque, es necesario un total compromiso de la alta dirección y un involucramiento de los colaboradores desde su concepción hasta su puesta en marcha. (Pardo, 2017)

Según Lefcovich “la reingeniería debería ser un método para aprovechar las fortalezas de la empresa, y eliminar las debilidades de la misma, aprovechando oportunidades externas” (Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017), la metodología de Lefcovich es como sigue: a) Análisis de la situación, b) Diseño de la nueva organización o proceso

Diagnóstico, c) Implementación del nuevo diseño y d) Validación del buen funcionamiento de las mejoras implementadas.

Con frecuencia se suele confundir los términos Reingeniería con rediseño. La reingeniería, según Hammer y Champy (Bernhard Hitpass, 2011) busca terminar con paradigmas y procedimientos obsoletos buscando una nueva forma de hacer el proceso orientándose fundamentalmente a crear valor agregado para el cliente, es decir, parte de un proceso nuevo como enfoque tomando como partida un proceso existente, con la característica del tipo de cambio radical y teniendo como impulsor del cambio al directorio, en cambio el rediseño parte de la idea de que el proceso existente aún tiene utilidad y se concibe a partir de la reestructuración como enfoque tomando como partida un proceso existente y el tipo de cambio planteado es estructural con periodicidad del cambio por intervalos intermedios, el impulsor del cambio puede ser el dueño del proceso. (Bernhard Hitpass, 2011), autor de la versión hispana del libro internacional BPMN 2.0 Manual de Referencia y Guía Práctica sintetiza de manera práctica las características de ambos términos para su mejor comprensión.

Característica	Reingeniería	Rediseño
Enfoque	Proceso nuevo	Reestructuración
Punto de partida	Proceso existente	Proceso existente
Objetivo del cambio	Cambio radical, satisf. cliente	Rediseño de una parte del proceso
Tipo de cambio	Radical	Estructural
Periodicidad del cambio	Descontinuado	Intervalos intermedios
Organización del cambio	Proyecto	Proyecto o grupo de trabajo
Impulsor del cambio	Directorio	Dueño de proceso
Impacto del cambio	Transversal	Proceso, subproceso
	Cultural	Cultural
	Procesal	Procesal
	Estructural	Estructural
Riesgo	Alto	Medio

Figura N° 1. Reingeniería vs rediseño.

Fuente: (Bernhard Hitpass, 2011)

El proceso de unión de tuberías de cobre del estudio se plantea un cambio radical del método empleado pasando de un de un proceso que usa conectores unidos con trabajo en caliente a conectores libres de soldadura, es decir, se recrea el proceso con el impulso del directorio de la empresa en donde se aplica el estudio.

¿Por qué y dónde aplicar reingeniería?

Tres fuerzas convergentes están impulsando a las organizaciones globales a tomar medidas audaces para ser sostenibles en el tiempo: El cliente, la competencia y el cambio. (Nemiña,

2009). Los clientes adquieren mayor poder de decisión, tienen más claro el concepto de valor de intercambio y no se conforman con lo encuentran, están siempre en la búsqueda de nuevas experiencias, tienen una posición ventajosa debido al acceso masivo a la información. La competencia a partir de la caída de barreras comerciales inunda el mercado haciendo imposible el concepto de territorio protegido. El cambio se vuelve constante y la tecnología hace que éste adquiera mayor velocidad. Los cambios cierran ciclos de productos y también de empresas.

En base a lo anterior, se debe identificar los procesos quebrantados, es decir aquellos procesos con dificultades en sus entregables, se les puede identificar por su ineficacia en la generación de valor o altos desperdicios y que traen como consecuencia un impacto directo con el cliente. Otro concepto o enfoque aplicable es la de factibilidad y se basa en el radio de influencia que tiene la actividad o proceso en el resto, mientras más sean, mayor será el radio de influencia. (Nemiña, 2009)

I.8.1.1 Estudio del proceso productivo

Estudio de métodos

El estudio de métodos es una investigación sistemática de las operaciones de cada una de las actividades o tareas que la componen. Estas actividades se dividen en una parte razonable de la operación, así se entenderá de mejor modo cómo es que se ejecuta determinada actividad. Su objetivo es integrar un método operativo para todos los que ejecutan o realizan determinada actividad. (Cruelles, 2013).

Según (Cruelles, 2013) el estudio de métodos se hace cumpliendo con los siguientes pasos:

Procedimiento sistemático del estudio de métodos

Selección de la tarea

Según (Cruelles, 2013) es la actividad de un entorno de trabajo susceptible de estudio para mejorar la forma como esta se viene realizando. Los factores que deben tomarse en cuenta son: La ergonomía, el coeficiente de despilfarro por método (para hallar el potencial de mejora) y el peso de la tarea en el proceso productivo.

El factor de ergonomía puede explicar en gran parte el absentismo laboral motivado por molestias y lesiones debida a formas inadecuadas o sub estándares al momento de realizar el trabajo, las mejoras en materia de ergonomía inciden en: Reducción de riesgos de accidentes, Condiciones de iluminación, Posturas en el puesto de trabajo, Reflejos en las pantallas de los equipos informáticos, Humedad y temperatura inadecuada, Renovación de aire en espacios cerrados, Condiciones de ruido, Forma inadecuada de transporte de cargas, tomar pesos, empujar objetos.

El coeficiente de despilfarro por método tiene su base en las actividades que componen una tarea y que no se corresponden a operaciones que generen valor.

El tercer factor es el peso de la tarea en el proceso productivo, ésta deberá tener la importancia económica en la distribución de los recursos. Aquí algunas operaciones sugeridas por Cruelles: Operaciones esenciales generadoras de beneficios, Cuellos de botellas que entorpezcan las operaciones, Actividades repetitivas con gran empleo de mano de obra y Movimiento de materiales o herramientas que recorran largas distancias.

Toma de datos y desglose de la tarea en operaciones

Según (Cruelles, 2013) habiéndose seleccionado la tarea en función de los tres factores descritos anteriormente se deberá establecer si se quiere examinar toda la secuencia de la tarea o solo una parte de la tarea y qué parte de la tarea. Luego se debe precisar el objeto de estudio, es decir los movimientos de materiales o los de las personas. A continuación, las pautas que el analista debe tener en cuenta para clasificar un proceso: a) Observar al operario durante varios ciclos de trabajo antes de hacer una división de una tarea en actividades más pequeñas, b) Diferenciar las operaciones manuales de las que requieran de una máquina o herramienta, c) Diferenciar las operaciones de máquina parada y las demás máquinas en marcha, d) Separar las operaciones que tengan distintos esfuerzos para facilitar la labor de análisis, e) Las operaciones que son parte de un proceso deben ser fáciles de identificar, acotar hitos de inicio y fin, e) Las operaciones deben tener entre 8 y 100 segundos, debido a que tomas de tiempo inferiores a 8 segundos son difíciles de medir y finalmente f) El desglose de tareas en operaciones se hace para describir secuencia operatoria, Conocer el modo y forma de trabajar, y finalmente clasificarla operación según su tipología para darle tratamiento diferenciado.

Clasificación de las operaciones

Según (Cruelles, 2013) se pueden usar los siguientes criterios para clasificar las operaciones, actividades o tareas:

En relación al ciclo de trabajo:

Regulares, Aquellas tareas que siempre están presentes en los ciclos de trabajo, son constantes o regulares.

Irregulares, Actividades necesarias pero que no están presentes en todos los ciclos de trabajo, para calcular su repercusión es necesaria la inferencia estadística.

De frecuencia, son operaciones periódicas y previsible, se pueden calcular de manera precisa.

Extraños, Aquellos elementos que no se requieren el proceso, sin embargo, ocurren. Se deben evitar o eliminar del proceso.

En relación al ejecutante:

Los elementos manuales se realizan con la intervención del operario y pueden ser sin hacer de máquinas, se les denomina **libres** y con **máquina**.

El elemento de máquina puede ser con máquina automática o máquinas de avance manual.

En a la tipología de la operación que realiza el operario:

Para lo cual se debe distinguir las operaciones de valor añadido y las que no añaden valor.

Operaciones de valor añadido, Aquellas operaciones necesarias para cumplir con el requerimiento del cliente, con las características técnicas del producto en todo su proceso de transformación.

Desplazamiento del operario hacia el punto de la operación.

Almacenamiento de un objeto, cuando el personal realiza una actividad de almacenaje.

Demora o espera, tiempo que el operador está inactivo a espera de carga de trabajo.

Inspección, tiempo invertido en verificar si una tarea se ejecutó correctamente.

Inspección-operación, tiempo invertido en verificaciones de especificaciones mientras el producto está en proceso.

Búsquedas, el operario identifica materiales, herramientas, información, etc.

Registros de métodos

Según (Cruelles, 2013) en esta etapa se lista y desarrolla la información y formatos que se mostrarán para un estudio de métodos. El estudio tendrá los siguientes apartados:

1. Documento 1- Datos de la tarea y resumen del estudio de métodos.
2. Documento 2 – Estudio de métodos de la tarea.
3. Documento 3 - Croquis de la pieza y puesto de trabajo.
4. Documento 4 – Documentos auxiliares que puedan ser relevantes para el estudio.
5. Documento 5 - Consideraciones ergonómicas de la tarea.
6. Documento 6 – Casuística de la tarea, se describe cómo se ejecuta la tarea, condiciones, restricciones, motivos de frecuencias, imprevistos, etc.
7. Documento 7 – Propuesta de mejora general.

Registro de métodos en trabajo libre

Denominado así porque no existe causa que lo limite, la cantidad de trabajo realizado depende exclusivamente del operario.

Registro de métodos de trabajo en cadena

Cuando los trabajos son llevados en líneas o cadenas de producción, intervienen varios operarios en serie, cada uno hace parte de la tarea de forma especializada. Así el trabajo avanza de puesto en puesto de la línea hasta su finalización. En estos casos los puestos no tienen las mismas saturaciones de trabajo y toda la cadena trabaja al ritmo del puesto más lento. (Cruelles, 2013)

Registro de métodos en trabajo simultáneo hombre-hombre

Es el caso de un grupo de operarios que trabajan en forma paralela sobre un puesto en una actividad. Para su estudio se usan gráficos de tareas simultáneas en las que se registran las operaciones de cada operario en una escala de tiempos común para mostrar la correlación entre ambos de modo que se determinen las horas de espera de cualquiera de los operarios, para reducirlos y elevar su rendimiento a través de una mayor saturación de ambos. Es importante separar las operaciones dependientes, es decir aquellas tareas que deben ser ejecutadas en forma simultánea de aquellas operaciones independientes en las que las actividades se ejecutan individualmente. (Cruelles, 2013)

Registro de métodos en trabajo simultáneo hombre-máquina

En estas actividades interviene el hombre y la máquina. La máquina determina el ritmo de trabajo del hombre limitando sus cualidades y destrezas. El analista debe diferenciar las operaciones manuales de las que se realiza con la máquina, distinguir operaciones manuales de máquina parada. Así, en el ciclo de trabajo se observará dos regímenes: Máquina en marcha (MM) y Máquina parada (MP).

I.8.1.2 Procesos

Deming y Juran observaron que la mayoría de los problemas de calidad estaban relacionados con los procesos, por lo que es importante diseñar, gestionar y mejorar los procesos. (Evans & Lindsay, 2014)

Un proceso de fabricación es una serie de actividades en las que un material o varios se transforman en productos para satisfacer una demanda o requerimiento de un cliente. Éste puede ser interno o externo. Para describir un proceso se utiliza simbología normalizada.

Estudio y construcción del proceso

El proceso de transformación de materias primas a productos implica una serie de entradas y salidas, al definirse el proceso, se determinan el orden en que se realizan en cantidad y calidad. La estructura del proceso se puede graficar en una ficha que muestre la secuencia de las actividades de las piezas o partes de que se fabrican, de las piezas que se compran y los sub ensambles necesarios. La estructura del producto representa los pasos mínimos por los que pasan los materiales para completar el producto. El diseño de un proceso debe

hacer un balance sobre la disponibilidad y las necesidades reales teniendo en cuentas las siguientes variables: Espacio disponible; Flexibilidad y capacidad de producción de las máquinas; Política de stock; y estructura del producto y programación. (Cruelles, 2013)

Mapeo y registro del proceso

Según (Cruelles, 2013) consiste en hacer una representación gráfica del proceso siguiendo los siguientes pasos: Dar nombre al proceso, definir el hito inicial del proceso, , breve descripción del proceso, definir hito final del proceso, identificar entradas al proceso (Inputs), identificar salidas del proceso (Outputs), identificar todas las tareas, determinar tipo de tareas, identificar almacenes iniciales, finales e intermedios, medir y anotar los desplazamientos, identificar los materiales que entran en las distintas fases o tareas del proceso, anotar el tiempo-hombre de cada tarea y anotar tiempos de espera.

Otra información relevante es: Maquinaria utilizada, Proveedor del proceso: Fases sub-contratadas y cliente del proceso

Disposición del proceso

Para el diseño de la disposición del proceso se tiene en cuenta criterios de aprovechamiento máximo del espacio, reducción de movimientos de material y personas, así como distancias cortas entre entidades. Se pueden agrupar de la siguiente manera:

Disposición de por línea (Flow Shop)

Orientada al producto, cuando las empresas suelen fabricar para inventarios, empleando las mismas instalaciones para obtener el mismo producto. La disposición de las máquinas es en cadena, las partes se mueven de un puesto a otro hasta completar el producto.

Disposición por secciones (Job Shop)

Este tipo de disposición está orientado al proceso, suelen aplicarla las empresas que trabajan bajo pedido, trabajan por lotes pequeños de artículos dispares. Las partes se mueven de un área a otra siguiendo una secuencia lógica de ensamble.

Puesto fijo

Ante la imposibilidad o el alto costo de desplazamientos de máquinas y mano de obra éstas se desplazan hasta la localización del producto, son los casos de: Proyectos de construcción (Edificaciones de vivienda y oficinas, de infra estructura, etc.) Y proyectos de manufactura por posición fija como astilleros, aeronáutica y locomotoras.

I.8.2 Productividad

La productividad es la relación entre las salidas o resultantes de un proceso o actividad con respecto a los recursos utilizados en dicho proceso. Se puede decir también que es la cantidad de bienes o servicios por unidad de insumos empleados. (Medianero, 2016)

Atendiendo estrictamente su naturaleza matemática, la productividad puede entenderse como una razón geométrica o aritmética. Se dice que hay una relación geométrica cuando se obtiene un coeficiente de productividad Q/F donde el numerador es la variable producto y el denominador representa la variable recursos o insumos. Cuando la expresión se hace en términos de razón aritmética la resultante es una ganancia de productividad ($Q-F$). Así, se puede concluir que la productividad se puede obtener con la siguiente expresión:

Productividad = Salidas o resultantes/Entradas o recursos empleado

I.8.2.1 Eficacia.

Se refiere al mayor o menor grado de empleo del recurso disponible con relación a las horas programadas, disponibles o proyectadas. (Anaya, 2016) y responde a la siguiente expresión:

eficacia = (Producción útil/Producción real) x100

I.8.2.2 Eficiencia

(Medianero, 2016), en su libro productividad total se refiere a la eficiencia técnica y eficiencia económica como dos dimensiones a tener en cuenta: **La eficiencia técnica** o tecnológica se da cuando una empresa optimiza la relación inputs/outputs en términos estrictamente físicos. **La eficiencia económica**, ocurre cuando en una organización produce al menor costo posible. Puede determinarse con la siguiente expresión:

Eficiencia = (Producción útil/Capacidad de la línea de producción)

I.8.2.3 Estudio de tiempos con cronometraje

El estudio de tiempos es una técnica de medición de una actividad con la finalidad de registrar los tiempos de trabajo y actividades de una determinada operación o proceso. Estas medidas nos permiten determinar el rendimiento de los recursos. Se puede hacer uso de tipos de cronometraje tales como: Cronometraje acumulativo o de vuelta a cero. Otra manera forma de tomar o registra los tiempos del proceso es a través de grabación con video. (Cruelles, 2013).

(Niebel & Freivalds, 2009) señala que para determinar el número de mediciones es posible establecer una cantidad más exacta empleando métodos estadísticos, “dado que el estudio de tiempos es un procedimiento de muestreo, se puede suponer que las observaciones siguen una distribución normal respecto a una media poblacional desconocida con una varianza desconocida” (p. 340). Así mismo, si una media muestral \bar{x} , con desviación estándar s y distribución normal para muestras grandes nos lleva al intervalo de confianza siguiente:

Tabla 10.2 Número recomendado de ciclos de observación

Tiempo de ciclo (minutos)	Número recomendado de ciclos
0.10	200
0.25	100
0.50	60
0.75	40
1.00	30
2.00	20
2.00-5.00	15
5.00-10.00	10
10.00-20.00	8
20.00-40.00	5
40.00 o más	3

Fuente: Información tomada de *Time Study Manual* de los Erie Works de General Electric Company, desarrollados bajo la guía de Albert E. Shaw, gerente de administración del salario.

Figura N° 2. Numero recomendado de observaciones.

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

En base a lo anterior, el autor señala que se puede hacer uso de la siguiente ecuación para determinar n habiéndose realizado observaciones previas para confirmar la cantidad de observaciones necesarias para el estudio.

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}} \right)^2$$

Figura N° 3. Ecuación para determinar muestra a partir de observaciones anteriores.

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

Tiempos estándar

Para determinar el tiempo estándar se tienen que tener en cuenta el grado de habilidad y esfuerzo del operario. Un operario calificado se define como un personal experimentado en las actividades que ejecute sus labores a una velocidad ni muy lenta ni muy rápida, es decir, que sea representativa a una velocidad que se mantenga en toda la jornada laboral. Se califica el desempeño del trabajador para ajustar el tiempo medio observado ejecutado durante el estudio de tiempos, lográndose un tiempo Normal (TN). (Cruelles, 2013)

$$TN = TO \times C/100$$

Luego de haber normalizado el tiempo se procede a aplicar suplementos tales como: Descanso, imprevistos, por inicio y fin de tareas; Limpieza, ergonomía (Peso de carga,

postura de trabajo, nivel de concentración, tedio de monotonía, tensión mental, etc) y otros. Un tema importante al momento de aplicar suplementos para determinar tiempo estándar son las consideraciones de ergonomía sobre en las actividades de soldeo del proceso que se investiga en esta tesis. Según (Cruelles, 2013) toda actividad tiene probabilidad de riesgo oculto y un cierto grado de incertidumbre y los accidentes son resultado de la combinación de riesgos físicos y errores humanos. Algunos factores de diseño de puestos, equipos y herramientas y medio ambiente suelen entorpecer las labores del operario afectando el desempeño de la operación.

Luego de determinar los suplementos se hace uso de la siguiente expresión para calcular el tiempo estándar.

$$Ts = \textit{tiempo normal} * (1 + \textit{suplementos})$$

I.8.2.4 Enfoque lean Manufacturing.

Despilfarro vs valor añadido

Basados en la filosofía lean manufacturing que tiene su origen en el sistema de producción de Toyota motor corporation, un cambio radical en un proceso debe pasar por analizar y medir su eficiencia y productividad en términos de valor añadido y despilfarro. Las empresas suelen usar indicadores de productividad como medida de rendimiento de los procesos sin cuestionarse si está o no bien hecho, si el resultado tiene o no “valor”, es muy probable que los datos camuflen potenciales de mejora y costes en nuestros sistemas. Técnicamente, el valor añadido se da cuando el sistema tiene el único objetivo de transformar las materias primas del estado en que se reciben a uno superior que el cliente aprecie y esté dispuesto a comprar. El entorno Lean define al despilfarro como toda actividad o trabajo aquello que no añade valor agregado al proceso. La eliminación de los desperdicios se puede hacer a través de tres pasos: a) Reconocer el desperdicio y el valor añadido en el proceso, b) Actuar para eliminar el desperdicio aplicando técnicas o herramientas adecuadas, y c) Estandarizar el trabajo con mayor carga de valor añadido. Lean manufacturing ha identificado algunos despilfarros en: almacenamiento, sobreproducción, tiempos de espera, transporte o movimientos innecesarios, defectos, rechazos y reprocesos. (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013)

Los **despilfarros por exceso de almacenamiento** pueden encubrir productos muertos o materia prima que generalmente solo se detectan cuando se realizan inventarios físicos, se trata de productos obsoletos que aún se han dado de baja. Estos productos ocupan espacio, requieren de cuidado, vigilancia, contabilidad, etc. Desvirtúan las partidas de los activos en el balance general, no ofrecen retorno de la inversión porque no son calificables para los procesos o para la venta.

El despilfarro **por sobreproducción** resulta de fabricar más de lo que se requiere, éste fenómeno de la producción genera otros tipos de despilfarros, tales como: Mayor cantidad de stock, equipos sobredimensionados, desequilibrio en la producción, etc.

Despilfarro por **tiempo de espera**, El tiempo que un operario tarda en poner en marcha su puesto dada una particular secuencia de trabajo o un proceso poco eficiente provocan desequilibrio de la línea. Algunas causas probables son: El operario espera que la máquina termine, exceso de colas, paradas no planificadas o el operario espera a otro por precedencia de actividad. Esto podría causarlo el método o la técnica usada en el proceso, desequilibrio de la capacidad, poca coordinación, etc.

Despilfarros por **transporte y/o movimiento incensarios**, esto depende mucho de la ubicación de las máquinas, herramientas y materiales. Éstas deben estar lo más cercano posible y los materiales deben fluir de una estación de trabajo a otra sin esperar en colas de inventario.

Otra manera de despilfarro se presenta como **defectos, rechazos y reprocesos**, esto influyen en la productividad porque se debe consumir recursos extras teniendo como características: Pérdida de tiempo, recursos y dinero; calidad cuestionable, flujos complejos, etc.

Enfoque Value Stream Mapping (VSM)

El Value Stream Mapping (VSM) o Mapa de Cadena de Valor, en español, es una herramienta de gestión de la filosofía Lean Manufacturing, grafica el flujo de materiales e información de un proceso desde el momento en que el cliente ordena el producto hasta la entrega. El objetivo de elaborar un VSM es visualizar de manera sencilla y clara todas las tareas o actividades de un proceso para identificar la cadena de valor y así poder ubicar en qué parte del proceso se generan los mayores desperdicios. El VSM se grafica para línea o familia de productos, los datos deben ser recogidos del campo donde se realizan las operaciones reflejando lo que realmente está pasando. El aporte más importante del enfoque VSM está en el trazado de una línea de tiempos de valor agregado (VA) y el resto de tiempos de no valor añadido (NVA) (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013).

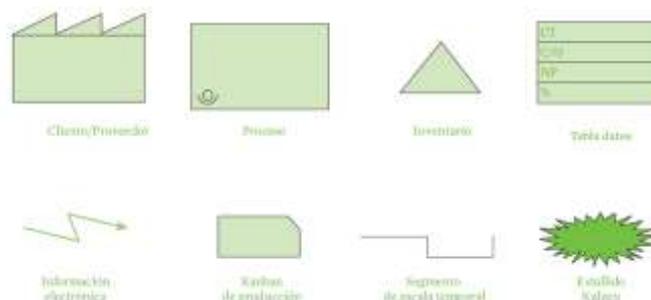


Figura N° 4. Value Stream Mapping.
Fuente: Escuela de organización industrial (EOI)

Enfoque de Teoría de restricciones (TOC).

Una herramienta que ayuda y que aporta sustento para toma de decisiones al momento de elegir qué actividad restringe la velocidad de la línea es la teoría de restricciones o TOC por sus siglas en inglés (Theory of constraints), formulada por el físico israelí Eliyahu Goldratt en 1980. Esta teoría plantea que, en un proceso multitarea, sin importar el ámbito, el sistema puede ser tan fuerte como su eslabón más débil, este eslabón se le conoce como cuello de botella o como restricción. TOC propone los siguientes pasos para enfocarse en la mejora: a) Identificar las restricciones o cuellos de botella del sistema o proceso multitarea, b) Explotar las restricciones, c) Subordinar todas las demás decisiones a la explotación, d) elevar, e) aumentar la capacidad de los cuellos de botella y f) repetir, para comprobar que no se han creado nuevos cuellos de botella. (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013)

I.8.2.5 Aspectos técnicos del proceso - Montaje de tuberías de cobre.

Instalación de tuberías de cobre – Sistema unión libre de soldadura

Para la instalación de los sistemas de aire acondicionado se hace necesario interconectar frigoríficamente a las unidades internas (Evaporadoras) con las unidades externas (Condensadoras), esta interconexión se hace con tuberías de cobre tipo M o L, que cumpla con la norma aplicable según la región en dónde se haga la instalación, una de las normas aplicadas es la UNE –EN 1057 Cobre y aleación de cobre tubos redondos sin costura para agua, gas, aplicaciones sanitarias y calefacción. Existen diferentes tipos de accesorios para unir tuberías de cobre. Principalmente la industria de la calefacción y el aire acondicionado utiliza accesorios soldados por capilaridad. El sistema de soldeo empleado actualmente en el proceso de unión de tuberías de cobre para sistemas de aire acondicionado en Perú es a través de soldeo oxiacetilénico. La soldadura oxiacetilénica se realiza con la combustión del acetileno con oxígeno en un soplete para producir una flama que funde un material de aporte que permite unir dos metales en este caso el cobre. El acetileno se caracteriza por ser el gas combustible que alcanza la mayor temperatura de flama, alrededor de 3480o C.



Figura N° 5. Componentes de soldeo con autógena.

Los principales componentes del equipo de soldar son:

1. Regulador
2. Dispositivo contra retroceso de llama
3. Mangueras
4. Abrazadera para manguera
5. Tapa de protección para la válvula de cilindro
6. Boquilla, herramienta usada para corte y soldadura.
7. Guante a prueba de llama
8. Los tubos de gas en posición vertical deben amarrarse utilizando cadenas de seguridad sobre paredes o al carro de transporte.

De acuerdo a (Nieto, 2021) de la revista Mundo HVAC&R las operaciones de soldeo autógena debe considerar las siguientes medidas básicas de seguridad:

Medidas Básicas de Seguridad con Equipos de Oxiacetileno	
1	Delimitar y señalizar el área de trabajo.
2	Verificar que tanto el maneral como la boquilla tengan sus sellos completos y en buen estado (o-rings).
3	Verificar que las mangueras y conexiones no tengan fugas.
4	Sustituir las mangueras agrietadas o las que presenten rasgaduras.
5	Evitar unir las mangueras de acetileno y oxígeno con cinta de aislar, se debe sustituir por cinturones de plástico.
6	Asegurar que los bloqueadores de retroceso estén instalados en el maneral del soplete y entre las mangueras y el regulador.
7	Verificar que tanto los reguladores como los manómetros se encuentren en buenas condiciones de uso.
8	Tener junto al equipo un extintor de polvo químico seco o gas halón.
9	Operar con las presiones de trabajo recomendadas para la boquilla.
10	Utilizar el equipo de protección personal adecuado: gafas para soldar de 4-6 sombras, guantes, peto y polainas.
11	Proteger las mangueras con apoyos de paso resistentes a la compresión al atravesar vías de circulación de personas o vehículos.
12	Evitar que las mangueras entren en contacto con superficies calientes, bordes afilados, ángulos vivos o chispas.
13	Evitar golpear los cilindros.
14	Mantener el área limpia y ordenada durante la actividad y al finalizarla.
15	No golpear el soplete.
16	No utilizar el oxígeno para limpiar piezas, tuberías o sopletear la ropa.
17	Prohibido fumar mientras se realice el trabajo.
18	Verificar que el equipo se encuentre a 3 metros de distancia del lugar de trabajo.
19	Colocar capuchones en los cilindros cuando estén almacenados o fuera de uso.
20	Almacenar los cilindros de manera vertical y asegurarlos con cadena.
21	Prohibir los trabajos en locales donde se almacenen materiales inflamables.

El sistema de unión de tuberías de cobre con trabajos en caliente es complejo y es una actividad considerada de alto riesgo.

Recientemente la industria ha puesto su mirada en los accesorios en frío, es decir, libres de soldadura. El sistema unión de tuberías con **accesorios mecánicos** o libres de soldadura consiste en usar manguitos de compresión para unir tuberías de diferentes medidas, ofrecen la ventaja de que pueden ser montados rápidamente. Una tendencia en la industria de la refrigeración en Estados Unidos y países europeos es el uso de accesorios por empuje (push-fitting), esta tecnología garantiza la unión de tuberías con las siguientes ventajas: Libre de calor, rapidez, mayor durabilidad y soporta mayores presiones de trabajo. (Centro Español de Información del cobre (CEDIC), 2015)



Figura N° 6. Accesorios libres de soldadura - push-fitt.

Fuente: (VULKAN Kupplungs- und Getriebebau Bernhard Hackforth GmbH & Co. KG, 2021)

Una secuencia de montaje de tuberías por empuje o por presión sigue los siguientes pasos:

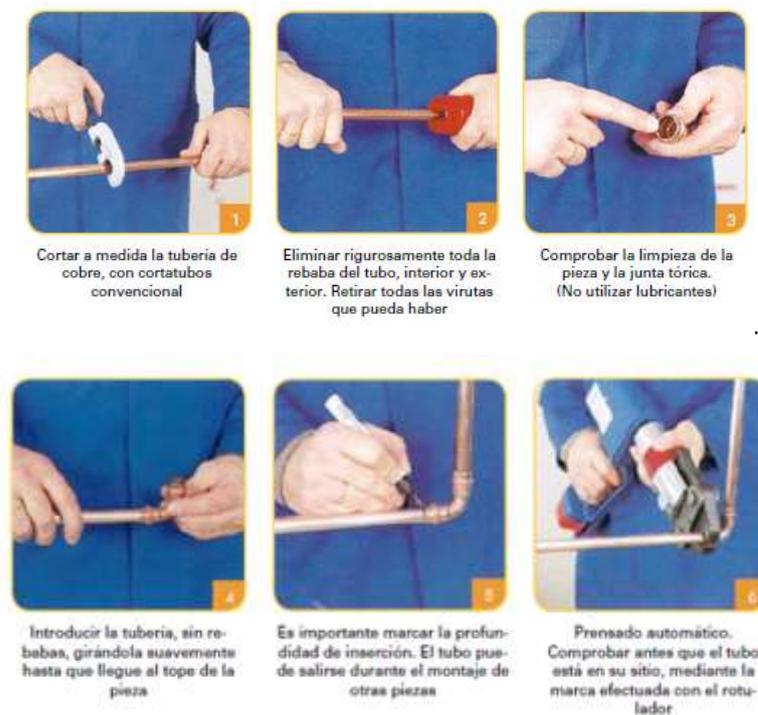


Figura N° 7. Secuencia de montaje con accesorios de presión.

Fuente: (Centro Español de Información del cobre (CEDIC), 2015)

Esta investigación plantea el uso de uniones de tuberías libres de soldadura tipo Lockring o similares, para facilitar el trabajo de instalación de la red de refrigeración de los sistemas de aire acondicionado tipo VRF (Volumen de refrigerante variable), el proceso al cambiar la manera de empalmar la tubería pasaría de una actividad del alto riesgo a riesgo normal y las incidencias de fugas se reducirían a cero rechazos.

CONECTORES DE LATÓN LOKRING®

LA TÍPICA UNIÓN LOKRING consta de dos LOKRING y una unión tubular para encajar los dos extremos de los tubos. Gracias al contorno interno de forma cónica del LOKRING y al especial contorno externo de la unión, se reduce el diámetro de la conexión durante el montaje hasta tal punto que la unión y el tubo crean una conexión herméticamente cerrada metal-metal. La contención del gas de por vida se garantiza

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Estándares de referencia: EN 378-2 y ISO 14903	Rango de diámetro del tubo: de 6 a 41,3 mm (de 1/4" a 1 5/8")
Presión máxima de trabajo: 75 bares (1088 psi)	Espesor mínimo de las paredes del tubo: 0,7 mm
Refrigerantes admisibles: Adecuado para los HFC y combinaciones, todos los HC, R32 y CO ₂ *. Inadecuado para NH ₃ .	Aprobaciones: TÜV, UL (Archivo SA12004)
Rango de temperatura: -50 °C hasta 150 °C (-58 °F hasta 302 °F)	

* Hasta la presión máx. de trabajo especificada para cada conector.
** Otras combinaciones de materiales a petición.

Figura N° 8. Sistema de unión Vulkan Lockring.

Fuente: (VULKAN Kupplungs- und Getriebebau Bernhard Hackforth GmbH & Co. KG, 2021)

Según ficha técnica del fabricante Vulkan, líder mundial en la fabricación de accesorios libres de soldadura para tuberías, La red podría soportar una presión de 1088 psi (100% superior a la requerida en las instalaciones con sistemas de soldeo oxiacetilénica). Las uniones de tubos Lokring no requieren demasiada fuerza, basta con sencillas herramientas de montaje manual. El fabricante garantiza una unión de tubos puramente mecánica, duradera y totalmente limpia con contención de gas hermética a largo plazo. Así lo confirman el test y la aprobación TÜV que se muestra en la figura siguiente:



Figura N° 9. Certificado de test de Presión – Vulkan

Fuente: (VULKAN Kupplungs- und Getriebebau Bernhard Hackforth GmbH & Co. KG, 2021)

La siguiente figura resumen las ventajas de usar uniones de cobre libres de soldadura con respecto al sistema de soldeo en caliente.

Características	Soldeo en caliente	Unión con accesorios libres de soldadura
Trabajo	Uso de tanques de acetileno y oxígeno	Uso de herramientas livianas
Tipo de unión	Soldable, empleo de calor	Por presión mecánica, libre de calor
Tipo de tuberías	Cobre/Cobre	Cobre/(Cobre, Aluminio y Acero)
Tipo de actividad	Compleja	Simple
Presión máxima de trabajo	500 psi	1088 psi
Aprobaciones	UL	TUV/UL
Riesgo	Trabajos de alto riesgo	Trabajos de riesgo normal

Figura N° 10. Ventajas del sistema de unión de tuberías libres de soldadura.

Fuente: (Centro Español de Información del cobre (CEDIC), 2015), (VULKAN Kupplungs- und Getriebebau Bernhard Hackforth GmbH & Co. KG, 2021)

I.8.3 Pruebas de correlación e influencia.

Regresión y correlación

Esta técnica estadística se utiliza para construir modelos en los que se caracterizan las relaciones o influencias de una variable dependiente y una o más variables independientes. Si el modelo considera una sola variable independiente se denomina regresión simple, en cambio, si se usan más de una variable independiente la regresión se convierte en múltiple. La correlación es un indicador del nivel de relación entre ambas variables y se lee por un coeficiente de correlación resultante, los cuales van de -1 a +1. Así, una correlación de 0 indica que no hay linealidad por lo que sus comportamientos o desempeño no se asocian. En cambio, un coeficiente mientras más cercano esté del 1, mayor correlación habrá entre variables. (Evans & Lindsay, 2014)

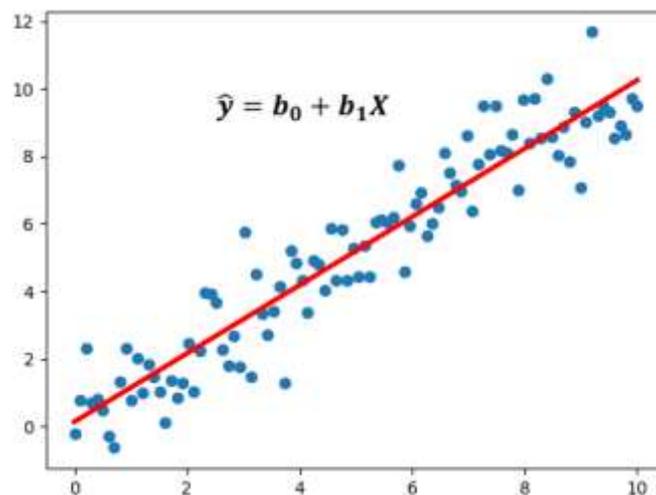


Figura N° 11. Gráfica de regresión lineal.

Fuente: (Evans & Lindsay, 2014)

Test de normalidad de Jarque Bera

Fue propuesto por Jarque y Bera, y se basa en la asimetría y curtosis de los residuos. En una distribución simétrica, como la distribución normal, el coeficiente de asimetría es igual 0 y el estadístico de curtosis toma un valor de 3. La prueba de normalidad de Jarque - Bera es un test asintótico. Toma en cuenta los mínimos cuadrados ordinarios (MCO). El estadístico Jarque – Bera está construido sobre los coeficientes de asimetría y curtosis dado por:

$$JB = n \left[\frac{S^2}{6} + \frac{(K - 3)^2}{24} \right]$$

Figura N° 12. Ecuación del coeficiente Jarque-Bera.

Fuente: (Gujarati & Porter, 2010)

Donde n= es el tamaño de la muestra, S=Coeficiente de asimetría y K= Coeficiente de curtosis. Para una variable normalmente distribuida, S=0 y K=3. Se toma en cuenta los siguientes criterios de decisión:

Se plantea las Hipótesis:

H0: La muestra proviene de una distribución normal.

H1: La muestra no proviene de una distribución normal.

Nivel de Significancia

El nivel de significancia que se trabajó es de 0.05. Alfa=0.05

Criterio de Decisión

Si $P < \text{Alfa}$ Se rechaza H_0

Si $p \geq \text{Alfa}$ No se rechaza H_0

I.8.4 Criterios técnicos de evaluación de inversiones

También conocido como métodos de evaluación de proyectos, buscan a través de criterios y evaluaciones dinámicas que a su vez se basan en el impacto del cambio de valor del dinero en el tiempo sobre las inversiones para determinar la viabilidad de la alternativa en análisis de manera concreta. Aquí algunos indicadores tomados en cuenta.

Valor presente neto (VPN)

El VPN o VAN es la cantidad en unidades monetarias que resulta de la diferencia de los ingresos netos al presente y la inversión inicial, se puede expresar de la siguiente manera:

$$VPN = S_0 - E_0$$

El criterio de evaluación sigue la siguiente lógica: Si el VPN es positivo significa que el valor presente de los ingresos netos alcanza para cubrir los costos de inversión, En caso de que

el VPN sea negativo, se debe suponer que los ingresos no cubren los costos de inversión inicial. (Alvarado, 2016)

$VPN > 0$, se acepta la alternativa

$VPN \approx 0$, se replantea la alternativa

$VPN < 0$, se rechaza la alternativa

Figura N° 13. Criterio de evaluación de inversión.

Fuente: (Alvarado, 2016)

Tasa interna de retorno (TIR)

Es la tasa de interés (i) dada una inversión inicial (E_0), a partir de los cuales permite generar ingresos netos proyectados en un flujo de caja ideal. Es tasa interna porque su determinación no se afecta por factores económicos externos al flujo de caja. Esto debido a que su valor calcula únicamente relacionando los ingresos netos con la inversión inicial. El método de cálculo considera al interés como la incógnita, determinado valor el flujo de caja ideal se calcula i , de modo que se cumpla las condiciones que se precian en la figura 8. Los criterios de evaluación siguen la lógica de la figura 9.

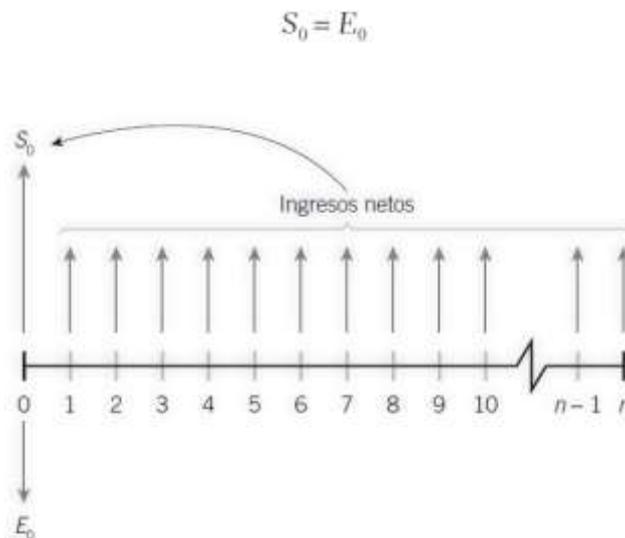


Figura N° 14. Gráfica de flujo de ingresos netos.

Fuente: (Alvarado, 2016).

Criterio de evaluación

- ◊ TIR > TMAR; se acepta la alternativa
- ◊ TIR = TMAR; se replantea la alternativa
- ◊ TIR < TMAR; se rechaza la alternativa

Figura N° 15. Criterios de evaluación TIR.

Fuente: (Alvarado, 2016).

Payback o Período de recuperación (PR)

El payback o plazo de recuperación es un indicador que se usa como criterio para evaluar inversiones, y responde al tiempo o período que una inversión es recuperada por un inversionista. Normalmente se da en años e inicia al momento del desembolso de la inversión. También se puede decir que es un método a precios constantes donde se suman los valores del flujo de caja cuantas sea necesario hasta que ésta sea igual o mayor que E_0 , es decir la inversión inicial.

Cuando los flujos de caja son iguales se utiliza la formula siguiente:

$$\text{Payback} = \frac{I_0}{F}$$

Donde:

I_0 es la inversión inicial del proyecto

F es el valor de los flujos de caja

En cambio, si los flujos de cajas son variables se pue hacer uso de la siguiente expresión:

$$\text{Payback} = a + \frac{I_0 - b}{F_t}$$

a es el número del periodo inmediatamente anterior hasta recuperar el desembolso inicial

I_0 es la inversión inicial del proyecto

b es la suma de los flujos hasta el final del periodo «a»

F_t es el valor del flujo de caja del año en que se recupera la inversión

WACC – Costo promedio ponderado del capital.

Según (Baena, 2014) El WACC es una de las variables que se requiere para hacer una adecuada evaluación de proyectos. Es la tasa de descuento con la que el flujo de caja libre futuro se expresa en valor presente. Para el cálculo del WACC se considera todos los pasivos y la tasa de interés de oportunidad esperada por los inversionistas. Cada cuenta

que integra la financiación de los activos se pondera de acuerdo a la participación de cada parte en relación al de los recursos. Se toma en cuenta la siguiente expresión:

$$i_{op} = \frac{K_p}{K_t} (i_{kp}) + \frac{K_f}{K_t} (i_{kf})$$

Figura N° 16. Ecuación para cálculo del WACC.

Fuente: (Baena, 2014)

Donde:

i_{op} = Tasa de interés de oportunidad

K_t = Capital total

K_p = Capital propio

K_f = Capital financiado (terceros)

i_{kp} = Tasa de oportunidad de recursos propios

i_{kf} = Tasa de oportunidad de recursos financiados (terceros)

Para calcular el costo promedio ponderado del capital, se toma en cuenta la siguiente información: a) Tipo de financiamiento (Corto, largo plazo), b) Valor del financiamiento, c) Costo efectivo anual de la financiación y d) Calcular el porcentaje de financiamiento del inversionista o del banco.

HIPÓTESIS

I.9 Declaración de Hipótesis

I.9.1 Hipótesis general.

La reingeniería influye significativamente en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

I.9.2 Hipótesis específica.

El **estudio del proceso** influye en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

El **rediseño del proceso** influye en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

Los valores de los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano de obra y resultados financieros varían positivamente después de la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020

Variables

Variable Independiente: Reingeniería

Variable dependiente: Productividad

I.10 Propuesta de implementación de reingeniería.

En este apartado se plantea el rediseño del proceso de uniones de tuberías de cobre para sistemas de aire acondicionado tipo VRF. Como se ha mencionado en los capítulos anteriores el sistema de unión de tuberías de cobre en el proceso actual se hace empleando soldadura oxiacetilénica, esta técnica de soldeo consiste en calentar la tubería para luego aplicar un cordón de soldadura de plata al 5%. El proceso implica empleo de oxígeno, acetileno y nitrógeno en tanques de 10 m³, 6 m³ y 10 m³ respectivamente (Ver Figura 13). Así como el uso de herramientas como caña de soldar, manorreductores para gases y mezclas, etc. El trabajo de soldeo de tuberías es considerado de alto riesgo laboral por lo que el inicio de cada operación requiere de permisos de trabajo en caliente otorgado por el departamento de SSOMA de la obra en donde se lleva a cabo las labores de montaje de tuberías de cobre.

Valor agregado del proceso actual.

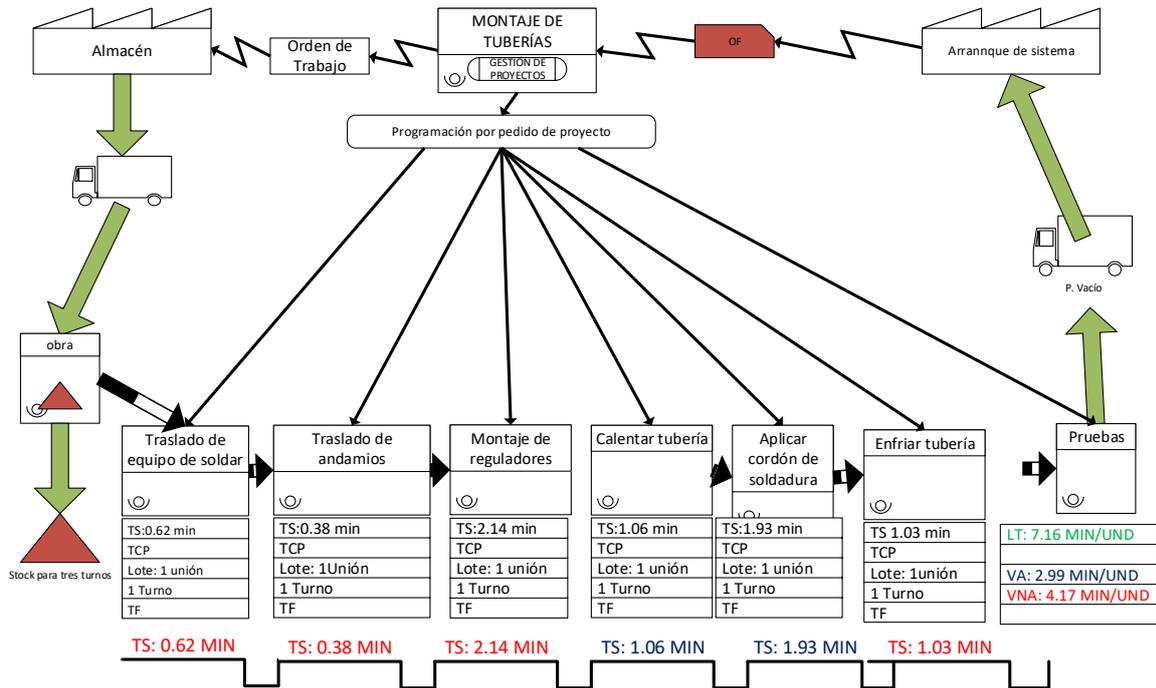


Figura N° 17. Mapa de cadena de valor del proceso actual.

Fuente: (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013)

El mapa de cadena de valor del proceso actual (Figura 12) muestra que solo 2.99 minutos de los 7.16 minutos del proceso, es decir, 41.8% corresponde a tiempos de proceso que generan valor agregado. Asimismo, siguiendo el enfoque de la teoría de restricciones (TOC) se aprecia que la actividad montaje de reguladores restringe la velocidad del proceso.

En base a lo anterior, el proyecto de reingeniería propone cambiar la forma o la técnica de unir tuberías de cobre rígido tipo L para sistemas de aire acondicionado especialmente de tipo de Refrigerante de Volumen Variable (VRV, por sus siglas en inglés).

Se plantea usar sistemas de soldeo en frío haciendo uso de uniones mecánicas libres de soldadura disponibles en el mercado europeo, americano y asiático.



Figura N° 18. Sistema de soldeo actual vs sistema de uniones libre de soldadura.

Fuente: Formato tomado catálogo de Vulkan Lokring.

Nota: El sistema de soldeo actual consiste en unir las tuberías aplicando calor y cordones de soldadura de plata. El nuevo sistema de unión de tuberías es libre de soldadura y hace uso de una nueva tecnología (lokring) y consiste en el uso de uniones con sello mecánico.

Prueba piloto – Resistencia de uniones de tuberías libre de soldadura.

Para probar el funcionamiento del nuevo sistema de unión de tuberías y asegurar la hermeticidad que exigen los sistemas de refrigeración sobre todo los sistemas VRF se hizo una prueba de presión a 500 psi.



Figura N° 19. Prueba piloto - Test de presiones conectores libres de soldadura.

Nota: La figura 14 muestra un tramo de tubería de cobre mixta: Tubería de cobre rígido tipo L, tramo de 3m y tubería de cobre flexible, tramo de 2 m. La tubería se ha unido con conectores

mecánicos libres de soldadura en dos tramos y se ha soldado con autógena los extremos. El objetivo es probar las uniones libres de soldadura y la resistencia de ambas tuberías.



Figura N° 20. Resultados test de presiones de piloto uniones libre de soldadura.

Nota: La figura 15 grafica el procedimiento que se ha seguido en la prueba piloto y los resultados de la misma. Las pruebas de presión 1, señalan que la unión mecánica libre de soldadura aplicada a la tubería rígida tipo L resiste la presión, en cambio no pasa lo mismo con la unión conectada a la tubería flexible. Esto debido a que la tubería flexible tiene una pared más delgada y no resiste la presión al deformarse la capilaridad de la superficie de la tubería evitando que la pared de la unión libre de soldadura cubra los espacios vacíos.



Figura N° 21. Correctivos prueba piloto -Unión de cobre libre de soldadura.

En la figura 16 se muestra los resultados después de reemplazar la tubería flexible del tramo observado. La prueba corregida se hace solo con tubería rígida tipo L. Los resultados muestran que después de 24 horas la tubería mantiene una presión constante de 500 psi, ello confirma

que las uniones o conectores mecánicos libres de soldadura funcionan tal como lo proponen los catálogos comerciales.

Presupuesto de la implementación de la reingeniería.

Tabla N° 1. Hoja de presupuesto de la implementación de la reingeniería

IT	DESCRIPCIÓN	CANT	U.M	P. UNIT	MONTO (USD)
1	Adquisición de herramienta kit de herramientas Lokring	2	ud	2,500.00	5,000.00
	Adquisición de kit de cabezales	2	ud	450.00	900.00
	Depreciación de lokring	1	Glb	250.00	250.00
	Gastos financieros, por adquisición de Maquinaria	1	Glb	1,109.79	1,109.79
	Costo de mantenimiento de maquinaria	1	Glb	295.00	295.00
				SUB TOTAL (USD)	7,554.79
				IGV	1359.8622
				TOTAL (USD)	8,914.65

El presupuesto de la implementación incluye equipos, accesorios, depreciación de equipos, gastos financieros y costo de mantenimiento. Tal como se muestra en la tabla 1. Para determinar el costo financiero se tomó en cuenta el interés compuesto de 9% anual para un período de 2 años.

I.11 Operacionalización de variables.

ESQUEMA- MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable	Tipo de Variable	Operacionalización		Dimensiones (Sub-variables)	Definición conceptual	Indicador	Items	Nivel de Medición
	Según su naturaleza	Definición Conceptual	Definición Operacional					
Variable Independiente: Reingeniería	Cuantitativa	Es la revisión fundamental y el rediseño radical de los procesos empresariales con el fin de provocar mejoras espectaculares en los rendimientos y resultados. Michael Hammer & Steven Stanton (1997), citado por Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017)	La reingeniería de procesos es una herramienta administrativa la cual consiste en estudiar los procesos productivos de organizaciones de cualquier sector, y a través del cual se pueden rediseñar procesos productivos realizando modificaciones en dichos procesos, los cuales van a repercutir en el rendimiento medio de costes, tiempo de ciclo, calidad del servicio y calidad del producto. (Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017)	Estudio del proceso	Revisión y análisis sistemática de un proceso a la que un conjunto de tareas se somete a material o materiales desde la orden de fabricación o producción hasta su entregal cliente final. (Cruelles, 2013)	Costo de la mano de obra (Usd/pza.)	Costo de mano de obra/Unidades producidas	Continua
						Tiempo estándar del proceso de unión de tuberías de cobre.	Tiempo Estándar TE: TPS x FC (1+Suplementos) TE: Tiempo estándar TPS=Tiempo promedio seleccionado FC=Factor de calificación	Continua
						Índice de rechazos por puntos de unión de cobre	No de rechazos/total unidades producidas	Continua
				Rediseño	Replanteo, reformulación, cambio de la técnica o manera de realizar una actividad o un proceso. (Pérez Andrés, Gisbert Soler , & Perez Bernabeu, 2017)	Índice de operaciones de valor agregado (VA)	Actividades de Valor agregado/Total de actividades	Continua
						Índice de operaciones de No valor Agregado (NVA)	Actividades de No Valor agregado/Total de actividades	Continua
Variable dependiente: Productividad	Cuantitativa	Es la relación entre productos e insumos; Salidas y entradas. En términos sencillos la productividad se define como la cantidad de bienes o servicios por unidad de insumos utilizados en el proceso. David Medianero (2016)	La mejora de la productividad requiere de la utilización óptima de los recursos empleados tanto en mano de obra como en equipos, instalaciones y medios financieros requeridos - Eficiencia y ocupación. (Anaya,2016)	Productividad del trabajo	Productividad de uno de los factores de producción, se calcula dividiendo las salidas de las entradas al proceso	Productividad mano de obra (pzas/h-h)	Piezas procesadas aceptadas/horas hombre consumidas	Continua
				Eficiencia	Representa la mayor o menor destreza a la hora de ejecutar una tarea (Anaya,2016)	Tasa de producción útil	Tasa de producción real - No de rechazos	Continua
						Eficiencia de la operación	Tasa de producción útil/Objetivos de producción planeada	Continua
				Eficacia o Utilización	Por utilización entendemos el mayor o menor grado de empleo de los recursos disponibles con relación a las horas de trabajo programadas. (Anaya, 2016)	Capacidad de la operación	Capacidad de la operación	Continua
						Eficacia de la operación	Tasa de producción útil/Capacidad de la operación	Continua
Resultados Financieros	En particular se refieren al beneficio económico resultante de la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre.	Beneficios de la implementación	Tasa de producción útil/Capacidad de la operación	Continua				

DESCRIPCION DE MÉTODO Y ANALISIS

I.12 Diseño de la investigación

El diseño de la investigación se refiere al mapa operativo en la ruta cuantitativa de una investigación y señala el punto en donde convergen las fases conceptuales del proceso de recolección y análisis de datos. (Hernandez-Sampieri & Mendoza, 2018). El diseño de esta investigación es **Pre-experimental**, debido a que su grado de control es mínimo y consistirá en medir el proceso previo a la mejora, después se aplica la mejora y finalmente se aplica una prueba o medición posterior al estímulo. **Es transversal** porque los datos se observan en un momento único con el propósito de medir antes y después del estímulo o mejora del proceso. Es de tipo **explicativa** porque busca medir la influencia que la variable independiente (Reingeniería) ejerce sobre la variable dependiente (Productividad).

I.13 Unidad de análisis

La unidad de análisis de esta investigación es la unión de tuberías de cobre en el proceso de instalación de tuberías para sistemas de aire acondicionado del proyecto X en la empresa JK Project Perú.

I.14 Población

127 uniones de tuberías de cobre en el proceso de instalación de tuberías de cobre para sistemas de aire acondicionado del proyecto X en la empresa JK Project Perú.

I.15 Muestra

Para determinar la muestra aceptable se hicieron 37 observaciones en el proceso de unión de tuberías de las 37 posibles de la población observada, en este caso el proyecto "x". Según (Niebel & Freivalds, 2009) para calcular el número de muestras necesarias se debe aplicar la siguiente ecuación:

donde

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Sin embargo, los estudios de tiempos suelen involucrar sólo muestras pequeñas ($n < 30$); por lo tanto, debe usarse una distribución t . Entonces la ecuación del intervalo de confianza es

$$\bar{x} \pm t \frac{s}{\sqrt{n}}$$

El término \pm puede considerarse un término de error expresado como una fracción de \bar{x} :

$$k\bar{x} = ts/\sqrt{n}$$

donde k = una fracción aceptable de \bar{x} .
Despejando n se obtiene

$$n = \left(\frac{ts}{k\bar{x}}\right)^2$$

También es posible despejar n antes de hacer el estudio de tiempos al interpretar datos históricos de elementos similares, o mediante una estimación real de \bar{x} y s a partir de varias lecturas con regresos a cero con la variación más alta.

Figura N° 22. Ecuación para determinar la muestra.

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

Luego, se hace uso de la tabla de coeficiente de la distribución “t” hasta 120 grados de libertad.

Para validar que la muestra sea la conveniente se aplicó la ecuación anterior, obteniéndose que la muestra es la idónea.

Datos	
DS	0.48
Media (x)	3.22
Error aceptable (k)	0.05
Alfa (a) para 40 grados de libertad (t)	2.04
Tamaño de la muestra	
	37.28

Figura N° 23. Cálculo de tamaño de muestra

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

I.16 Técnicas y recolección de datos

La recolección de datos se hizo a través de la técnica de observación de tiempos por muestreos del proceso actual y posterior a la mejora basados en libro “Productividad industrial” del ingeniero José Agustín Cruelles Ruiz.

Según (Cruelles, 2013) el procedimiento sistémico de medición del trabajo debe considerar las siguientes etapas:

Selección del trabajo: determinar actividad que será objeto de estudio, para el caso es unión de tuberías de cobre en el subproceso de soldeo en la instalación de tuberías de cobre para sistemas de aire acondicionado en el proyecto “X” en la empresa JK Projects Perú.

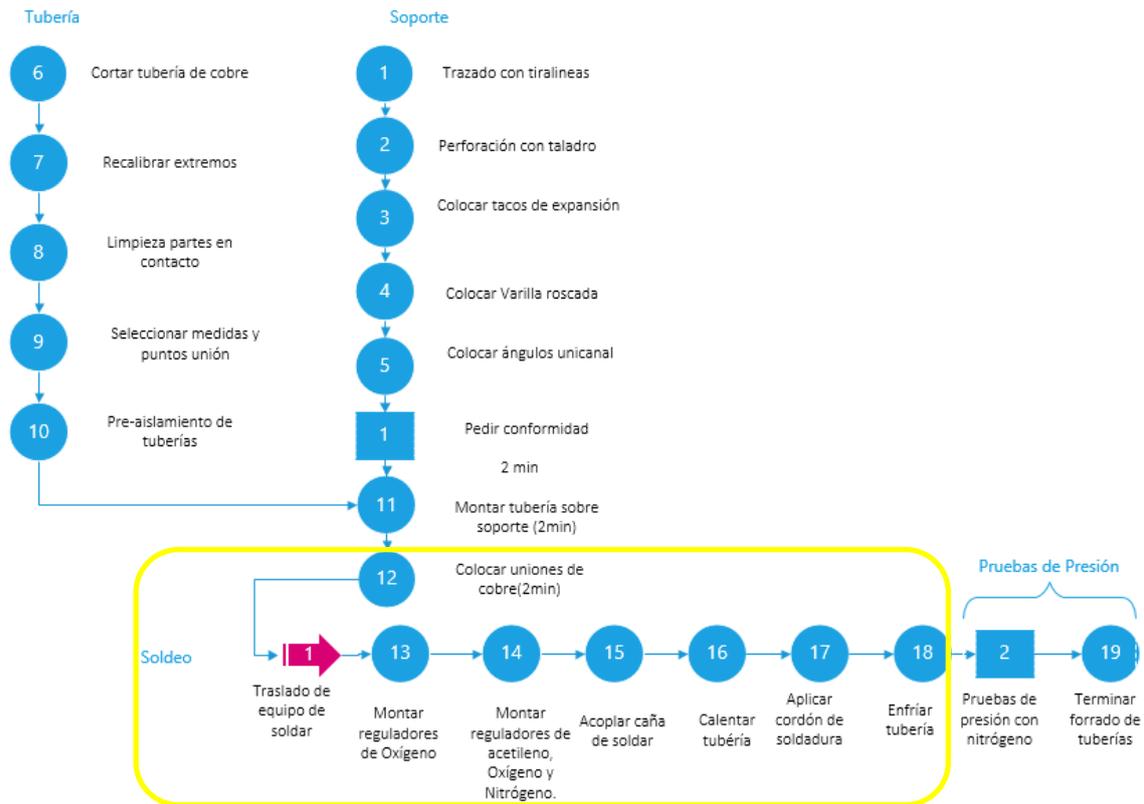


Figura N° 24. Diagrama de ensamble, proceso de instalación de tuberías.

Fuente: (Niebel & Freivalds, 2009)

Registrar la información: Se hace una lista de actividades del proceso o subproceso a observar y medir.

Proceso: Instalación de tuberías de cobre

ID	COD	SUB-PROCESO	ACTIVIDADES	TIPO DE ACTIVIDAD			TRABAJO
				SEG. ACTIVIDAD	SEG. EJECUTANTE	VALOR AGREGADO	
1		PROCURA	Charla de seguridad diaria	Regulares	Libre	NVA	TC
2			Desplazamiento hacia zona de vestuarios	Regulares	Libre	NVA	TC
3			Cambio de vestimenta	Regulares	Libre	NVA	TC
4			Llenado y firma de ATS	Regulares	Libre	NVA	TC
5			Desplazamiento, traslado de de herramientas hacia zona de montaje	Regulares	Libre	NVA	TC
6			Inspección de cumplimiento de seguridad ocupacional	De frecuencia	Libre	NVA	TC
7		TRAZADO	Revisar planos	Regulares	Libre	NVA	TC
8			Compatibilizar con otras especialidades	Regulares	Libre	NVA	TC
9			Marcar con tiralínea recorrido y puntos de tacos de expansión	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TP
10		Cambio de recorrido	Irregulares	Libre	NVA	TNC	
11		Parada de trabajo por incompatibilidad de especialidades	Extrañas	Libre	NVA	TNC	
12		MONTAJE DE SOPORTES	Perforación con taladro para tacos de expansión	Regulares	Con herramienta de poder	VA	TP
13			Colocación de tacos de expansión	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
14			Colocación de varillas roscadas	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
15		Colocación de ángulos unicanal	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP	
16		Cambio de recorrido	Irregulares	Libre	NVA	TNC	
17		Parada de trabajo por incompatibilidad de especialidades	Extrañas	Libre	NVA	TNC	
18		MONTAJE DE TUBERÍAS	Selección de Tuberías de cobre, por diametro	Regulares	Libre	VA	TC
19			Corte de tuberías con cortatubo	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
20			Recalibrado de extremos	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
21			Limpieza mecánica de partes en contacto	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
22			Comprobar medidas y puntos de unión	Regulares	Libre	NVA	TC
23			Seleccionar manguera elastomérica	Regulares	Libre	VA	TC
24			Insertar manguera elastomérica según diametro del tubo	Regulares	Libre	VA	TP
25			Cambio de recorrido	Irregulares	Libre	NVA	TNC
26			Parada de trabajo por incompatibilidad de especialidades	Extrañas	Libre	NVA	TP
27			Montar tubería sobre soporte	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
28		SOLDEO DE TUBERÍAS	Colocar uniones	Regulares	Libre	VA	TP
29			Desplazamiento de equipo de soldadura autógena	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TC
30			Montar reguladores de oxígenos	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TC
31			Montar reguladores de acetileno	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TC
32			Montar reguladores de nitrógeno	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TC
33			Acoplar y revisar Caña de soldar	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TC
34			Calentar tubería	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
35			Aplicar cordón de soldadura	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
36			Enfriar limpiar tuberías	Regulares	Libre	VA	TP
37			Parada por condiciones sub estandares	Extrañas	Libre	NVA	TNC
38		PRUEBAS DE PRESIÓN	Montar reguladores a balón de nitrógeno	Regulares	Con herramienta manual	NVA	TC
39			Presurizar a 500 PSI, durante 24 horas	Regulares	Con herramienta manual	VA	TP
40		AISLAMIENTO	Forrado de tuberías con maguera elastomérica	Regulares	Libre	VA	TP
41			Pegar uniones con cemento de contacto	Regulares	Libre	VA	TP

Figura N° 25. Lista de actividades del proceso instalación de tuberías de cobre de la empresa JKP.

Fuente: (Cruelles, 2013)

Examinar la tarea: Se establece un hito inicial y un hito final del proceso a medir, para el caso el hito inicial está dado por la tarea colocar unión soldable y el hito final por la tarea: Enfriar tubería.

Cronometraje y medición: Se utilizará el procedimiento de cronometraje con vuelta a cero, al acabar cada operación se hace volver al segundero a cero.



Figura N° 26. Cronometraje con vuelta a cero

Compilar y definir: Todas las operaciones se agrupan y se aplican suplementos para obtener el tiempo estándar. Para el proceso de toma de tiempos se utilizan los siguientes instrumentos.

En la hoja datos de la tarea y resumen de estudio de métodos se plasma el resumen de resultados del estudio de métodos actuales para su posterior análisis. (Ver figura 6)

I.17 Método y procedimientos de análisis de datos

Se utiliza el método **hipotético deductivo** porque parte de una hipótesis o explicación inicial que luego será comprobada o descartada.

Para el análisis de los datos obtenidos se sigue el procedimiento siguiente:

Para el procesamiento de datos, tablas y algunas gráficas estadísticas se hace uso de Microsoft Excel. Para algunos gráficos específicos se usa R-Studio (Software libre) y MegaStat. Para entender el proceso actual se toma en cuenta la teoría de restricciones de Eliyahu Goldratt y el Mapa de cadena de valor (VSM, Value Stream Mapping) de la filosofía lean manufacturing. La Teoría de restricciones permite identificar la actividad o sub proceso que limita un sistema productivo obstaculizando el logro de objetivos. (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013) Para la visualización de restricciones se hace uso del VSM cuyo objetivo es determinar los tiempos del proceso que no aportan Valor (Ver figura 22).

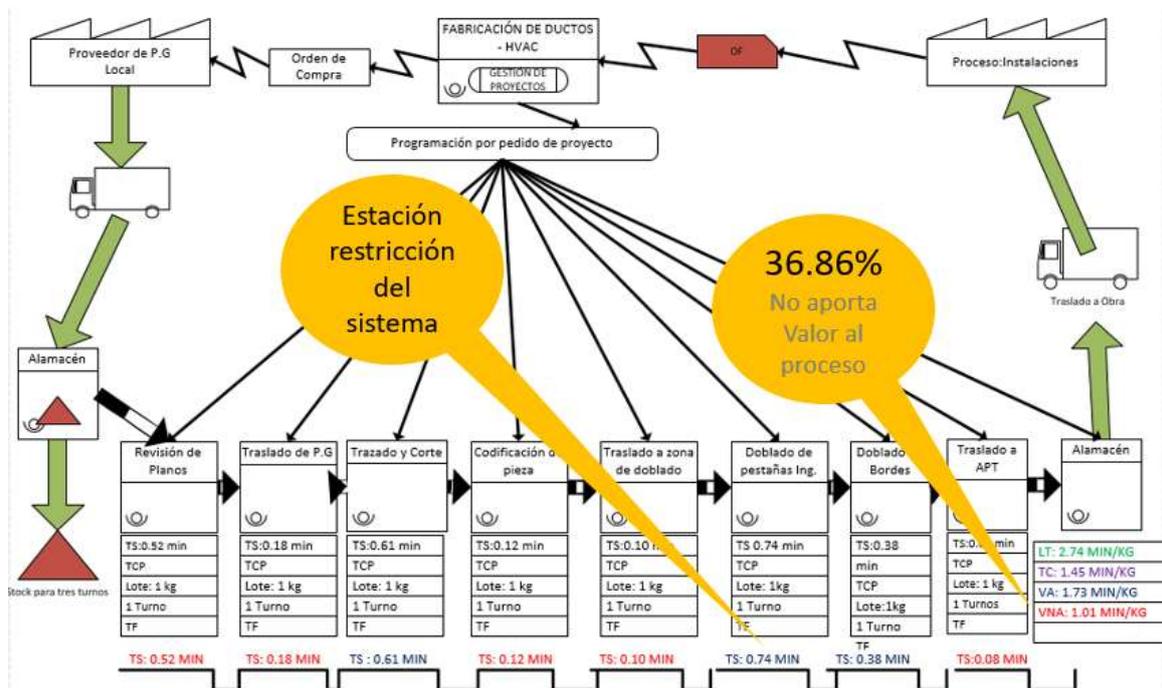


Figura N° 27. Modelo de Mapa de cadena de Valor.

Fuente: (Escuela de Organización Industrial - EOI, 2013)

RESULTADOS

I.18 Análisis descriptivo.

I.18.1.1 Observación del proceso actual – Principales indicadores

A efectos de hacer un análisis de la productividad actual del proceso de soldeo de unión de tubería de cobre se observó el proceso para medir sus tiempos a fin de determinar el tiempo estándar de cada una de las actividades de dicho proceso, a continuación, se explica cada paso seguido:

Basado en el libro “Productividad Industrial” del Ing. José Agustín Cruelles en los anexos del 6 al 12 de esta investigación se han registrado en el formato “Toma de datos para varios intervinientes” el proceso, el tipo de trabajo, el método, el lugar, el nombre de los operarios y la fecha de cada observación. Asimismo, en la hoja de desarrollo el analista anota en la columna “observaciones de la operación” las acciones, movimientos y tiempos de cada operario. Al finalizar cada jornada se hace un resumen en el formato denominado “Hoja de cronometraje”, los cuales se muestran a continuación:

F8: Hoja de cronometraje																						
Tarea:		Empresa: JK PROJECTS PERÚ																				
Fecha: 04/12/2020		Proceso: Soldadura de tuberías de cobre																				
Analista: Fernando Perales		Proyecto:																				
Operario: Línea de soldeo		Fecha de la observación: 04/12/2020																				
Ind	Descripción de la operación	Medición	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Traslado de equipo de soldar	A																				
		T	3.00					0.81				0.95									0.99	
2	Traslado de andamios	A																				
		T	3.50																			
3	Montar reguladores de acetileno y oxígeno	A																				
		T	21.58																			
4	Calentar tubería	A																				
		T	0.53	0.50	0.62	0.62	0.75	1.10	0.70	0.75	0.80	0.75	1.07	1.07	1.03	0.98	0.92	0.82	0.90	0.92		
5	Aplicar cordón de soldadura	A																				
		T	1.56	1.81	1.18	1.62	1.36	2.62	1.80	1.01	1.41	1.05	1.25	1.70	1.05	1.16	1.17	1.50	1.55	2.10		
6	Enfriar soldadura	A																				
		T	0.76	0.92	0.97	1.00	0.95	0.82	0.97	1.08	1.08	0.95	0.75	0.75	1.00	1.03	1.00	0.98	0.97	0.98		
7	Traslado hacia nuevo punto de soldadura	A																				
		T																				
8	Retorno de equipo de soldar a almacén provisional	A																				
		T																				
9		A																				
		T																				

Figura N° 28. Hoja de resultados del 04/12/2020.

Fuente: (Cruelles, 2013)

F8: Hoja de cronometraje																																						
Tarea:		Empresa: JK PROJECTS PERÚ		 Climatización y Sistemas Contra Incendio																																		
Fecha: 06/12/2020		Proceso: Soldadura de tuberías de cob																																				
Analista: Fernando Perales		Proyecto:																																				
Operario: Línea de soldado		Fecha de la observación: 06/12/2020																																				
Ind	Descripción de la operación	Medición	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38																
1	Traslado de equipo de soldar	A																																				
		T	3.42			0.58																																
2	Traslado de andamios	A																																				
		T	3.75																																			
3	Montar reguladores de acetileno y oxígeno	A																																				
		T	23.75																																			
4	Calentar tubería	A																																				
		T	0.75	0.75	0.70	0.75																																
5	Aplicar cordón de soldadura	A																																				
		T	1.00	1.25	1.82	2.15																																
6	Enfriar soldadura	A																																				
		T	0.80	0.80	0.75	0.58																																
7	Traslado hacia nuevo punto de soldadura	A																																				
		T																																				
8	Retorno de equipo de soldar a almacén provisional	A																																				
		T																																				
9		A																																				
		T																																				

Figura N° 29. Hoja de resultados del 06/12/2020.

Fuente: (Cruelles, 2013)

F8: Hoja de cronometraje																																					
Tarea:		Empresa: JK PROJECTS PERÚ		 Climatización y Sistemas Contra Incendio																																	
Fecha: 07/12/2020		Proceso: Soldadura de tuberías de cobre																																			
Analista: Fernando Perales		Proyecto:																																			
Operario: Línea de soldado		Fecha de la observación: 07/12/2020																																			
Ind	Descripción de la operación	Medición	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																				
1	Traslado de equipo de soldar	A																																			
		T	3.67			1.03								3.50																							
2	Traslado de andamios	A																																			
		T	3.67																																		
3	Montar reguladores de acetileno y oxígeno	A																																			
		T	19.67																																		
4	Calentar tubería	A																																			
		T	0.92	0.97	0.80	0.92	1.17	1.20	1.33	1.25	1.13	1.43	0.80	0.75	0.74	0.80	0.85																				
5	Aplicar cordón de soldadura	A																																			
		T	1.12	1.60	1.36	1.02	1.38	0.97	2.10	2.10	0.75	1.25	0.79	1.55	2.29	1.59	2.40																				
6	Enfriar soldadura	A																																			
		T	1.08	1.03	0.92	1.03	0.75	0.75	0.82	0.83	0.75	0.57	0.83	0.75	0.80	0.75	0.79																				
7	Traslado hacia nuevo punto de soldadura	A																																			
		T																																			
8	Retorno de equipo de soldar a almacén provisional	A																																			
		T																																			
9		A																																			
		T																																			

Figura N° 30. Hoja de resultados del 07/12/2020.

Fuente: (Cruelles, 2013)

Las figuras 28, 29 y 30 muestran los resultados de las observaciones de los días 04, 05 y 07 de diciembre respectivamente, fecha en que se hizo la toma de tiempos del proceso como grupo de control N° 01 antes de la aplicación de la reingeniería. Los tiempos resultantes se toman como "Tiempo Medio Observado" o TMO a partir del cual se calculará el tiempo estándar.

Los suplementos aplicados se sustentan en el informe de consideraciones ergonómicas de la tarea, véase figuras 31, 32 y 33. El analista describe las condiciones de iluminación, temperatura, ruidos, posturas en las que trabaja el operario. Asimismo, pesos o cargas que mueve el operario, calidad de aire y los posibles riesgos a los que se exponen durante sus actividades. Luego se aplicaron suplementos según la siguiente figura.

Tabla N° 2. Tabla de suplementos.

Suplemento	Tolerancia (%)
Necesidades personales	5
Fatiga	4
Trabajo de pie	2
Postura anormal	0 a 2.7
Levantamiento de pesos	0 17 (27KG)
Calidad de aire, calor y humedad	0 a 10
Iluminación	2.5
Tensión auditiva	2.5
Tensión mental	1 a 8
Monotonía mental	0 a 4
Monotonía física	0 a 5

Fuente: (Cruelles, 2013)

F5: Consideraciones ergonómicas			
Tarea: Soldeo	Empresa: JK PROJECTS PERÚ		
Feccha: 04/12/2020	Proceso: Soldadura de tuberías de cobre		
Analista: Ing. Juan Benites	Proyecto: REMANSO		
Operario:	Piero Pinedo Guzman		
Datos del operario			
Nombre: Piero Pinedo G	Edad: 34	Sexo: M	Estatura: 1.72 Peso: 76 KG
Nivel de educación: Técnica		Cond. Física: Buen estado	
EPI: Casco, lentes de soldar, traje de soldeo, botas con puntas de acero y máscara con filtros de aire.			
Consideraciones ergonómicas			
Iluminación: Iluminación natural durante el día y uso de reflectores en lugares con baja iluminación			
Temperatura: Temperatura ambiente			
Ruidos: Ruidos temporales por herramientas de poder como taladros, disco de corte, entre 60 y 80 decibeles.			
Posturas: Al soldar permanece más de dos minutos con las manos levantadas, parado sobre andamios a una altura de 2.2 m			
Pesos: El operario es multitarea, en ocasiones ayuda a cargar los tanques de nitrógeno, oxígeno y acetileno. El peso de carga es de 50 kg.			
Renovaciones de aire: se trabaja en ambientes con puertas abiertas con renovaciones de aire superiores a 12 cambios por hora.			
Riesgo de accidentes: El operario está expuesto a riesgos como: Caídas, incendios, presión sonora, estrés debido a la precisión del trabajo.			
 JUAN MANUEL BENITES LEYVA Ingeniero Industrial CIP N° 249837			

Figura N° 31. Consideraciones ergonómicas del operario 01.

Fuente: (Cruelles, 2013)

F5: Consideraciones ergonómicas			
Tarea: Soldeo	Empresa: JK PROJECTS PERÚ		
Fecha: 04/12/2020	Proceso: Soldadura de tuberías de cobre		
Analista: Ing. Juan Benites	Proyecto: REMANSO		
Operario:	Kevin Valdivia Panduro		
Datos del operario			
Nombre: Kevin Valdivia Panduro	Edad: 34	Sexo: M	Estatura: 1.72 Peso: 76 KG
Nivel de educación: Técnica		Cond. Física: Buen estado	
EPI: Casco, lentes de soldar, traje de soldeo, botas con puntas de acero y máscara con filtros de aire.			
Consideraciones ergonómicas			
Iluminación: Iluminación natural durante el día y uso de reflectores en lugares con baja iluminación			
Temperatura: Temperatura ambiente			
Ruidos: Ruidos temporales por herramientas de poder como taladros, disco de corte, entre 60 y 80 decibeles.			
Posturas: Permanece de pie durante todo el proceso, sostiene la escalera, está atento y sigue los movimiento del soldador			
Pesos: El operario es multitarea, en ocasiones ayuda a cargar los tanques de nitrógeno, oxígeno y acetileno. El peso de carga es de 50 kg.			
Renovaciones de aire: se trabaja en ambientes con puertas abiertas con renovaciones de aire superiores a 12 cambios por hora.			
Riesgo de accidentes: El operario está expuesto a riesgos como: Caídas, incendios, presión sonora, estrés debido a la precisión del trabajo.			
 JUAN MANUEL BENITES LEYVA Ingeniero Industrial CIP Nº 246537			

Figura N° 32. Consideraciones ergonómicas del operario 02.

Fuente: (Cruelles, 2013)

F5: Consideraciones ergonómicas			
Tarea: Soldeo	Empresa: JK PROJECTS PERÚ		
Feccha: 04/12/2020	Proceso: Soldadura de tuberías de cobre		
Analista: Ing. Juan Benites	Proyecto: REMANSO		
Operario:	Kevin Valdivia Panduro		
Datos del operario			
Nombre: Kevin Valdivia Panduro	Edad: 34	Sexo: M	Estatura: 1.72 Peso: 76 KG
Nivel de educación: Técnica		Cond. Física: Buen estado	
EPI: Casco, lentes de soldar, traje de soldeo, botas con puntas de acero y máscara con filtros de aire.			
Consideraciones ergonómicas			
Iluminación: Iluminación natural durante el día y uso de reflectores en lugares con baja iluminación			
Temperatura: Temperatura ambiente			
Ruidos: Ruidos temporales por herramientas de poder como taladros, disco de corte, entre 60 y 80 decibeles.			
Posturas: Permanece de pie durante todo el proceso, sostiene la escalera, está atento y sigue los movimiento del soldador			
Pesos: El operario es multitarea, en ocasiones ayuda a cargar los tanques de nitrógeno, oxígeno y acetileno. El peso de carga es de 50 kg.			
Renovaciones de aire: se trabaja en ambientes con puertas abiertas con renovaciones de aire superiores a 12 cambios por hora.			
Riesgo de accidentes: El operario está expuesto a riesgos como: Caídas, incendios, presión sonora, estrés debido a la precisión del trabajo.			
 JUAN MANUEL BENITES LEIVA Ingeniero Industrial CIP N° 249537			

Figura N° 33. Consideraciones ergonómicas del operario 03.

Fuente: (Cruelles, 2013)

A continuación, se calcula el tiempo estándar del proceso:

F8: Hoja de cronometraje - Resumen

Tarea:		Empresa: JK PROJECTS PERÚ										 JK Projects Perú <small>Climatización y Sistemas Contra Incendio</small>						
Fecha: 04/12/2020		Proceso: Soldadura de tuberías de cobre																
Analista: Fernando Perales		Proyecto:																
Operario: Línea de soldeo		Resumen																
Ind	Descripción de la operación	Puntos de soldeo	Ritmo					Suplementos										Tiempo estándar (min)
			TMO	Fc (Factor de Calificación)	TN	Necesidades personales	Fatiga	Trabajo de pie	Postura anormal	Peso, uso de fuerza	Trabajo de precisión (TS)	Tensión auditiva (intermitente y fuerte)	Tensión mental (Proceso complejo)	Imprevistos	Inicio y fin de tarea	Total suplementos		
1	Traslado de equipo de soldar	37.00	0.49	1	0.49	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	3.0%	28.0%	0.62	
2	Traslado de andamios	37.00	0.30	1	0.30	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	10.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	3.0%	28.0%	0.38	
3	Montar reguladores de acetileno y oxígeno	37.00	1.76	1	1.76	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	2.0%	2.0%	0.0%	2.0%	3.0%	22.0%	2.14	
4	Calentar tubería	37.00	0.89	1	0.89	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%	3.0%	20.0%	1.06	
5	Aplicar cordón de soldadura	37.00	1.50	1	1.50	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	5.0%	2.0%	4.0%	2.0%	3.0%	29.0%	1.93	
6	Enfriar soldadura	37.00	0.87	1	0.87	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	3.0%	18.0%	1.03	
			5.79														7.17	

Leyenda
 TMO= Tiempo Medio Observado
 TN= Tiempo Normal
 TS= Tensión visual

Figura N° 34. Resumen de tiempo estándar del proceso de soldeo.

Fuente: (Cruelles, 2013)

Nota: La figura 34 resume el resultado de las observaciones de los tiempos de las actividades del proceso de soldeo de tuberías de cobre para sistemas VRF actuales. Al tiempo medio observado (TMO) se consideró un factor de ritmo del operario de 1 debido a que estos están entrenados para esta actividad, con ello se obtuvo el tiempo Normal (TN). Luego se agregaron suplementos por necesidades personales, fatiga, ergonomía (Trabajos de pie, postura anormal peso y uso de fuerza, esto debido a que el operario debe trasladar los tanques de oxígeno, acetileno y nitrógeno a cada uno de los puntos de soldeo) otros suplementos importantes en estas actividades son los trabajos de precisión (La soldadura debe aplicarse homogéneamente para sellar la capilaridad de la tubería para evitar fugas), tensión mental (debido a que el proceso es complejo dada la geometría de la tubería y la ubicación en donde se instala) y otros de importancia.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVIENTES				
Datos de la tarea	RESUMEN			
Diagrama:	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro
Revisión inicial	Operación	○	20,180.65	
Producto: Montaje de tuberías para AC	Transporte	⇒	2,117.00	
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Espera	□	7,172.59	
Método: Actual/Propuesto	Inspección (Vigía de seg)	□	4,827.72	
Se realiza el método actual	Almacenamiento	▽	-	
Lugar:	Distancia (metros)		291.90	
Rest. Remanso - Salón principal	Tiempo (seg-hombre)		34,297.96	
Operarios:	Coste (3.98 usd/h/h)		37.92	
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Número de Unidades		37.00	
Compuesto por:	Costo de mano de obra por unidad		1.02	
Fernando Perales	Número de rechazos		2.00	
Aprobado por				
Ing. Juan Benites				

Fecha de la observación: 04/12/2020

Figura N° 35. Resumen de estudios de tiempos y movimientos – GCI.

Fuente: Formato tomado de (Cruelles, 2013)

Nota: La figura resume el estudio de tiempos y movimientos de los operarios que intervienen en el proceso de soldeo de tuberías de cobre. Se han clasificado las actividades en tareas de operación, es decir aquéllas que generan valor al cliente y que contribuyen con la productividad del proceso; Actividades de apoyo como traslados, Vigía de seguridad y esperas son consideradas operaciones que contribuyen con el proceso pero que no generan valor al cliente tampoco aportan en el incremento de la productividad.

Tabla N° 3. Resumen de indicadores resultantes del estudio de tiempos - Situación actual.

variables	Dimensión	Indicador	Actual
Variable independiente: reingeniería	Estudio del proceso	Costo de mano de obra por unidad (Usd/pza)	1.02
		Tiempo estándar del proceso de unión de tuberías (min/pza)	7.16
		índice de rechazos	0.05
	Rediseño	índice de tiempos de valor añadido (TVA)	0.56
		índice de No valor agregado (NVA)	0.44
Variable dependiente: Productividad	Productividad mano de obra	Productividad real (pza/hr)	8.43
	Eficacia	Productividad útil	8.01
		Eficacia (Producción útil/Producción real)	0.95
	Eficiencia o utilización del recurso	Capacidad de la operación	15.07
		Eficiencia de la operación (Producción útil/Capacidad de la operación)	0.54

La tabla 3 muestra los principales indicadores del proceso actual en cada una de las dimensiones de las variables del presente estudio. Los beneficios de la implementación de la reingeniería se calculan en el acápite resultados financieros.



Figura N° 36. Tiempos de Valor agregado - Proceso actual.

Nota: El índice de tiempos de valor agregado es bajísimo respecto al tiempo que no aporta valor al proceso, es decir, el proceso consume el 44% de los recursos de mano de obra en actividades que solo contribuyen con el coeficiente de desequilibrio de la línea de producción. Sólo el 56% del recurso mano de obra contribuye con la productividad del proceso.



Figura N° 37. Tiempos por tipo de actividades.

Las actividades: Esperas, inspección o vigía de seguridad y transporte tienen una preponderancia en los tiempos del proceso. Esto debido a que, con el sistema de soldado tradicional el operario que realiza la operación de soldadura debe contar con dos ayudantes, uno de los cuales hace de vigía para que en caso de incendio éste accione el extintor, mientras que otro operario asiste al soldador poniendo a su alcance consumibles necesarios para la operación, que por la naturaleza de la actividad es imposible que lo haga el soldador. Otra actividad que no contribuye con la productividad es el traslado de los balones de gases (Nitrógeno, oxígeno,

acetileno y equipo de soldar). Las paradas y esperas antes, durante y después del proceso de soldeo para inspecciones de seguridad y salud en el trabajo también contribuyen con tiempos improductivos, pues antes de iniciar una labor de soldeo se tienen que tener los permisos del encargado de SSOMA de cada obra. Es decir, un tiempo no despreciable se consume en actividades intrascendentes, sin aporte de valor a la empresa y aumenta del costo de producción en la mano de obra directa.

I.18.1.2 Implementación de la reingeniería

Nuevo diagrama de ensamble del proceso de soldeo.

En la siguiente figura se ha diagramado el nuevo proceso de unión de tuberías de cobre para sistemas VRF. El proceso ha sido rediseñado, se ha cambiado la técnica de unión de tuberías, se han reemplazado 7 actividades por 4, es decir se han reducido 3 sub procesos, algunos de los cuales convertían al proceso como de alto riesgo laboral (soldeo – trabajos en caliente), al mismo tiempo se evitan traslados de tanques de gases y demás.

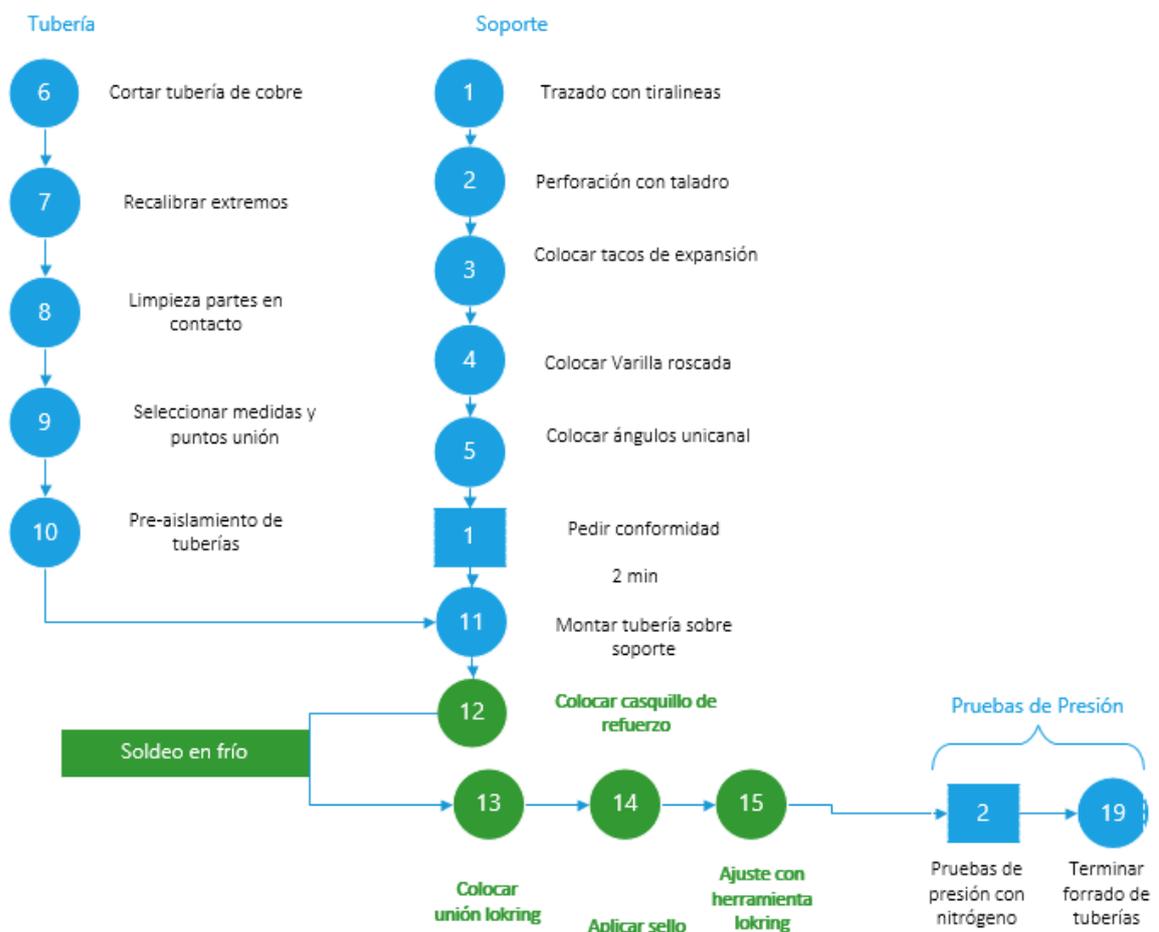


Figura N° 38. Diagrama de ensamble del nuevo proceso de unión de tuberías de cobre.

Cadena de valor del proceso rediseñado.

La figura 39, muestra el mapa de cadena de valor del proceso después de la implementación de la reingeniería. Tal como se muestra en la tabla de resultados del VSM, lado inferior derecho, El tiempo estándar del proceso se reduce de 7.16 mi/ud a 2.92 min/ud (representa el 59.28% de reducción en tiempos); Los tiempos de No Valor agregado se reducen de 4.17 min/ud a 0.24 min/ud (Representa el 94.24% de tiempos de NVA)

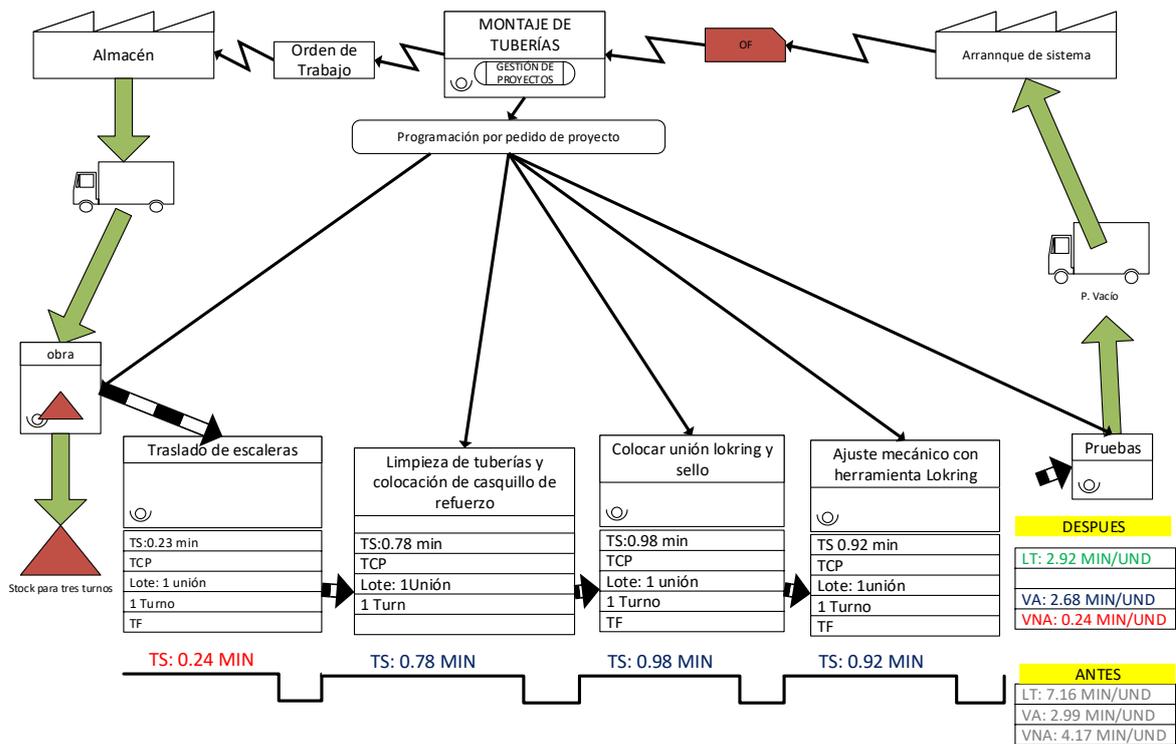


Figura N° 39. Mapa de cadena de valor - Proceso rediseñado.

I.18.1.3 Observación del proceso posterior a la reingeniería.

A continuación, se presentan los resultados de medición de los principales indicadores después de la aplicación de reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre.

Toma de tiempos muestra de grupo de control 2.

La toma de muestras sigue el mismo proceso observación del grupo de control 1.

Tabla N° 4. Muestras Grupo de control 2.

Observaciones	VNA TE	VA LCC	VA CU	VA AM	TMO	TS
1	0.18	0.68	0.90	0.78	2.55	3.07
2	0.20	0.82	0.97	0.87	2.85	3.43
3	0.22	0.53	0.88	0.82	2.45	2.95
4	0.23	0.68	0.92	0.62	2.45	2.95
5	0.20	0.75	0.80	0.92	2.67	3.21
6	0.18	0.77	0.77	0.78	2.50	3.01
7	0.22	0.60	0.72	0.68	2.22	2.67
8	0.23	0.53	0.72	0.85	2.33	2.81
9	0.18	0.75	0.80	0.90	2.63	3.17
10	0.20	0.57	0.80	0.83	2.40	2.89
11	0.17	0.57	0.65	0.75	2.13	2.57
12	0.23	0.70	0.67	0.82	2.42	2.91
13	0.18	0.53	0.67	0.85	2.23	2.69
14	0.17	0.60	0.75	0.92	2.43	2.93
15	0.20	0.55	0.78	0.68	2.22	2.67
16	0.17	0.58	0.95	0.87	2.57	3.09
17	0.23	0.65	0.75	0.63	2.27	2.73
18	0.23	0.57	0.73	0.87	2.40	2.89
19	0.22	0.67	0.90	0.62	2.40	2.89
20	0.17	0.70	0.72	0.72	2.30	2.77
21	0.20	0.58	0.87	0.83	2.48	2.99
22	0.17	0.68	0.83	0.68	2.37	2.85
23	0.17	0.77	0.92	0.83	2.68	3.23
24	0.17	0.68	0.67	0.87	2.38	2.87
25	0.23	0.82	0.97	0.90	2.92	3.51
26	0.22	0.82	0.82	0.77	2.62	3.15
27	0.22	0.60	0.88	0.75	2.45	2.95
28	0.22	0.78	0.87	0.82	2.68	3.23
29	0.18	0.53	0.92	0.75	2.38	2.87
30	0.17	0.73	0.82	0.68	2.40	2.89
31	0.18	0.73	0.95	0.65	2.52	3.03
32	0.23	0.53	0.82	0.63	2.22	2.67
33	0.18	0.63	0.67	0.90	2.38	2.87
34	0.20	0.55	0.78	0.83	2.37	2.85
35	0.20	0.60	0.68	0.82	2.30	2.77
36	0.23	0.62	0.80	0.63	2.28	2.75
37	0.17	0.57	0.68	0.85	2.27	2.73

Test de normalidad Jarque Bera Grupo de control 2.

Se hizo un test de normalidad de la muestra del grupo de control 2 (post rediseño), se grafican los principales resultados y luego se hace una prueba de hipótesis.

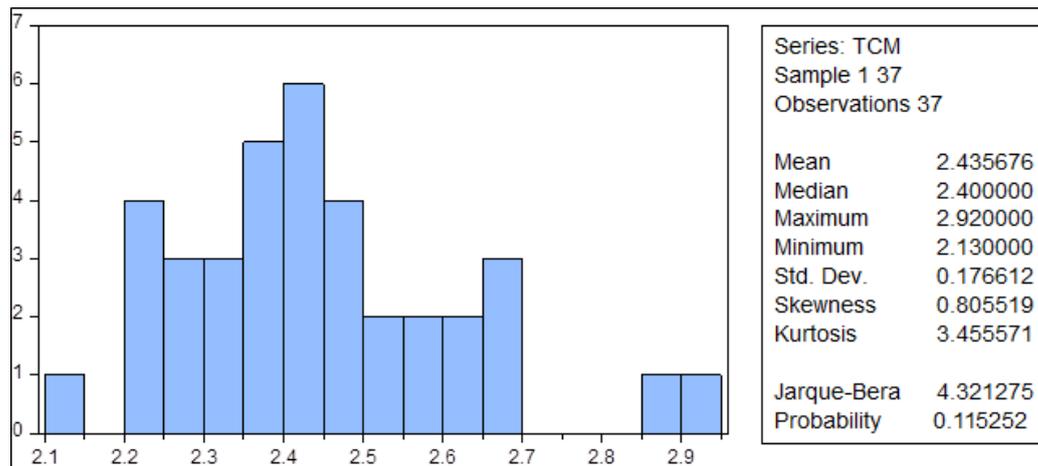


Figura N° 40. Test de normalidad Jarque-Bera Grupo de control 2

Nota: El test de normalidad de Jarque – Bera de los tiempos del nuevo proceso de unión de tuberías de cobre tiene un p-valor de 0.11, el cual es superior al nivel de significancia (0.05). Con una asimetría positiva con valor de 0.81 cercana a cero similar al grupo de control 1, es decir al proceso antes de la reingeniería y una kurtosis con valor de 3.45 muy cercana a su valor nominal. Esto nos permite concluir que los datos siguen una distribución normal.

Determinación del tiempo estándar.

F8: Hoja de cronometraje - Resumen

Tarea:		Empresa: JK PROJECTS PERÚ										 <p>JK Projects Perú Climatización y Sistemas Contra Incendio</p>						
Fecha: 16/01/2021		Proceso: Soldadura en frío de tuberías de cobre																
Analista: Ing. Juan Benites		Proyecto:																
Operario: Línea de soldeo		Resumen																
Ind	Descripción de la operación	Puntos de soldeo	TMO	Ritmo							Suplementos							Tiempo estándar (min)
				Fc (Factor de Calificación)	TN	Nec personales	Fatiga	Trabajo de pie	Postura anormal	Peso, uso de fuerza	Trabajo de precisión (TS)	Tensión auditiva (intermitente y fuerte)	Tensión mental (Proceso complejo)	Imprevistos	Inicio y fin de tarea	Total suplementos		
2	Traslado de escaleras	37.00	0.20	1	0.20	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	3.0%	18.0%	0.23
4	Limpiar tubeiras y colocar casquillo de refuerzo	37.00	0.65	1	0.65	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	2.0%	0.0%	2.0%	3.0%	20.0%	0.78	
5	Colocar unión lokring y aplicar sello	37.00	0.78	1	0.78	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	5.0%	2.0%	0.0%	2.0%	3.0%	25.0%	0.98	
6	Ajuste mecánico con herramienta de abrocado	37.00	0.78	1	0.78	5.0%	4.0%	2.0%	2.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	2.0%	3.0%	18.0%	0.92	
2.41																		2.92

Leyenda

TMO= Tiempo Medio Observado

TN= Tiempo Normal

TS= Tensión visual

Figura N° 41. Tiempo estándar - Muestras grupo de control 2.

Nota: La figura 41 muestra el nuevo tiempo estándar del proceso de unión de tuberías de cobre, éste es de 2.92 min por cada unión, el mismo que es inferior al tiempo estándar del proceso antes del rediseño (7.17 min/un) se reduce en 59.27%. Esto debido a que se eliminan algunas actividades que no aportaban valor tales como: Movimiento de tanque de gases, trabajos de acoplamiento de manorreductores para gases, enfriar tuberías después de cada aplicación calor. Algunos suplementos son suprimidos en el nuevo proceso tales como: Peso, uso de fuerza al mover los tanques de gases, los trabajos de precisión ahora solo centran la actividad colocar unión lokring, la tensión mental del proceso se suprime pues el nuevo modelo hace más simple la tarea.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea		RESUMEN				
Diagrama: Revisión - proceso mejorado	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro	%	
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación (seg) ○	20,180.65	15,221.80	4,958.85	24.57%	
Trabajo: Soldadura en frío de uniones de tubería de cobre	Transporte (seg) ⇨	2,117.00	396.00	1,721.00	81.29%	
Método: Actual/Propuesto	Espera (seg) □	7,172.59		7,172.59	100.00%	
Se realiza el método propuesto	Inspección (Vigía de seg) □	4,827.72	2,960.00	1,867.72	38.69%	
Lugar:	Almacenamiento ▽			-		
PJ Huánuco	Distancia (metros)	291.90	75.00	216.90	74.31%	
Operarios:	Tiempo (seg-hombre)	34,297.96	18,577.80	15,720.16	45.83%	
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste (3.98 usd/h/h)	37.92	20.54	17.38	45.83%	
Compuesto por:	Número de Unidades	37.00	37.00	-	0.00%	
Bach. Henry Vergara Rupay	Costo de mano de obra por unidad	1.02	0.56	0.47	45.83%	
Aprobado por	Número de rechazos	2.00	-	2.00	100.00%	
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 16/01/2021					

Figura N° 42. Tabla de resultados grupo de control 2, muestreo posterior al rediseño del proceso.

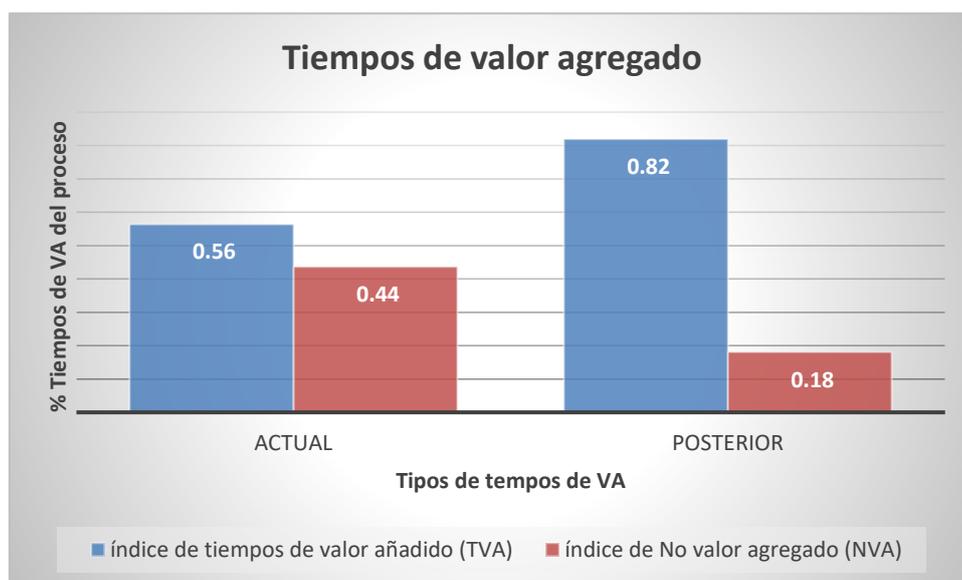
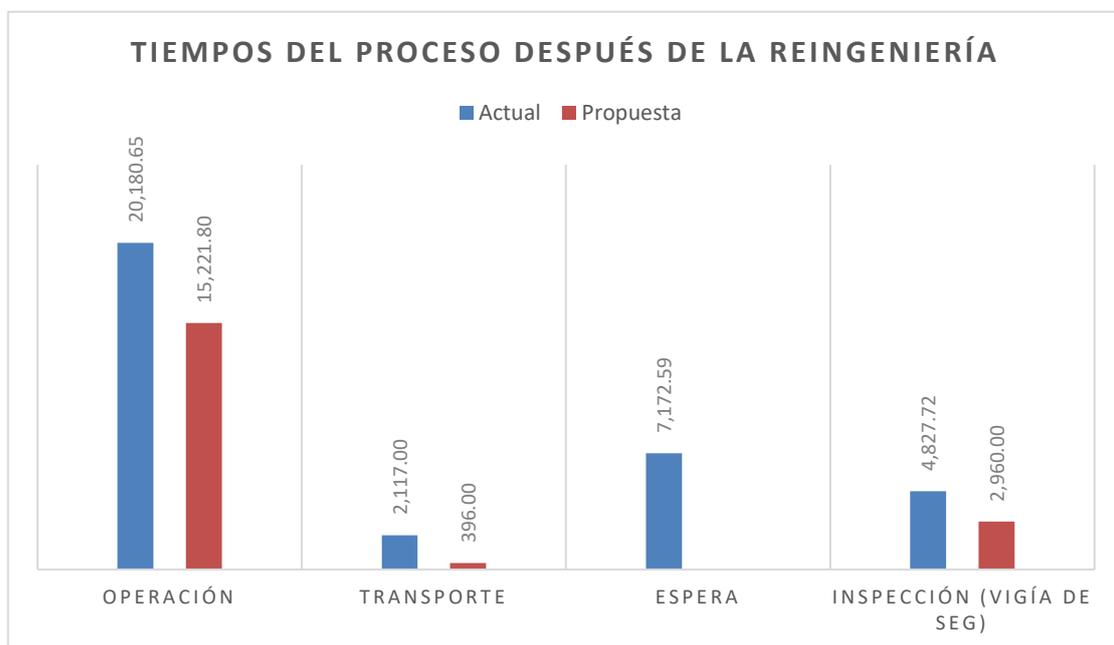


Figura N° 43. Gráfica de resultados posteriores al rediseño del proceso.

Nota: Las figura 43 muestran una reducción de los tiempos que se gastan en la operación, en traslados, esperas y trabajos de soporte como vigía.

Tabla N° 5. Principales indicadores post implementación de la reingeniería.

variables	Dimensión	Indicador	Actual	Posterior	Delta	Incremento
Variable independiente: reingeniería	Estudio del proceso	Costo de mano de obra por unidad (Usd/pza)	1.02	0.56	- 0.46	-44.8%
		Tiempo estándar del proceso de unión de tuberías (min/pza)	7.16	2.93	- 4.23	-59.0%
		índice de rechazos	0.05	-	- 0.05	-100.0%
	Rediseño	índice de tiempos de valor añadido (TVA)	0.56	0.92	0.35	62.8%
		índice de No valor agregado (NVA)	0.44	0.08	- 0.35	-81.2%
Variable dependiente: Productividad	Productividad mano de obra	Productividad real (pza/hr)	8.43	20.55	12.12	143.8%
	Eficacia	Productividad útil	8.01	20.55	12.54	156.6%
		Eficacia (Producción útil/Produccion real)	0.95	1.00	0.05	5.3%
	Eficiencia o utilización del recurso	Capacidad de la operación	15.07	22.39	7.32	48.6%
		Eficiencia de la operación (Producción útil/Capacidad de la operación)	0.54	0.92	0.38	71.4%

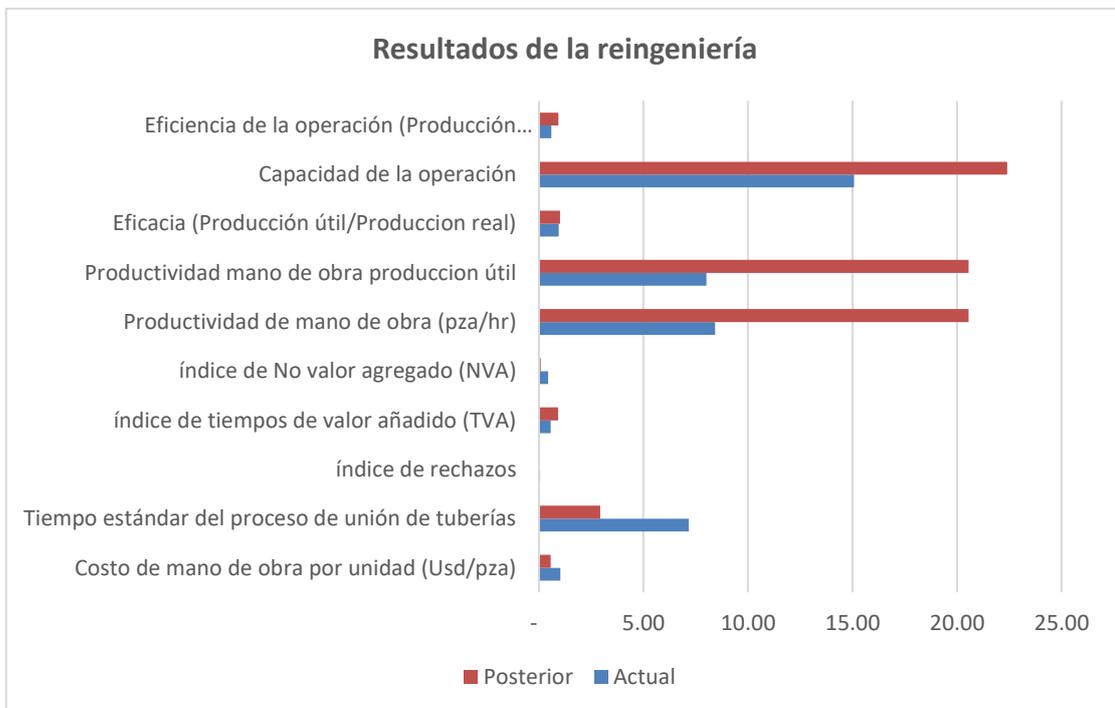


Figura N° 44. Gráficas principales indicadores post implementación de la reingeniería.

La tabla 5 y gráfica 44 muestra un incremento de los indicadores de la operación, tales como: Productividad de mano de obra (144%), eficiencia de la operación (mejora en un 58%) y tiempos de valor añadido (63%), sustentados en un decrecimiento del tiempo estándar del proceso (se reduce en 59%) y una reducción importante del tiempo No Valor agregado (Decrece 81%). Estos indicadores explican la reducción del costo unitario pasando de 1.02 usd/und a 0.56 usd/und (Se reducen en 45).

I.18.1.4 Resultados financieros.

Proyección de los Estados de Ganancias y pérdidas - Actual.

Tabla N° 6. Estado de ganancias y pérdidas proyectado - Antes de la reingeniería.

Estado de Ganancias y Pérdidas (USD.)	Año			Acumulado
	1	2	3	
Ventas Netas	413,641.62	443,010.18	474,463.90	1,331,115.69
Costo de Ventas	289,812.60	310,389.29	332,426.93	932,628.83
Utilidad Bruta	123,829.02	132,620.88	142,036.96	398,486.86
Gastos de Administración	86,074.34	92,185.62	98,730.80	276,990.76
Gastos de Ventas	14,490.63	15,519.46	16,621.35	46,631.44
Otros Ingresos				-
Depreciación	250.00	250.00	250.00	750.00
Utilidad Operativa UAll	23,014.05	24,665.80	26,434.82	74,114.66
Ingresos Financieros				-
Gastos Financieros	554.90	554.90		1,109.79
Utilidad antes de Impuestos UAI	22,459.15	24,110.90	26,434.82	73,004.87
Participación de Trabajadores				-
Impuesto a la Renta	6,737.75	7,233.27	7,930.44	21,901.46
Utilidad Neta	15,721.41	16,877.63	18,504.37	51,103.41

*Se consideró un crecimiento del 7.1% anual. Moneda: USD

Datos

Ventas Históricas en TNR.	1,230.00	1,317.33	1,410.86
Precio de Venta histórico promedio por TNR	314.00	314.00	314.00
Proyección de crecimiento	0.07	0.07	0.07
Costo de fabricación por TNR (USD)	220.00	220.00	220.00

La tabla 6, muestra los resultados de la simulación de los estados de ganancias y pérdidas previa a la implementación de la reingeniería del proceso de soldeo tuberías de cobre, la cantidad producida toma un promedio de los últimos tres años y se proyecta con un crecimiento del 7.1% sustentado por el crecimiento del sector construcción. Se considera los costos históricos del proceso. Los resultados muestran un acumulado por tres años de 51 103.41 Dólares.

Proyección de los Estados de Ganancias y pérdidas – Post Reingeniería.

Tabla N° 7. Estado de ganancias y pérdidas proyectado - Después de la reingeniería.

Estado de Ganancias y Pérdidas (USD.)	Año			Acumulado
	1	2	3	
Ventas Netas	413,641.62	443,010.18	474,463.90	1,331,115.69
Costo de Ventas	268,221.56	287,265.29	307,661.13	863,147.98
Utilidad Bruta	145,420.06	155,744.88	166,802.77	467,967.71
Gastos de Administración	79,661.80	85,317.79	91,375.35	256,354.95
Gastos de Ventas	13,411.08	14,363.26	15,383.06	43,157.40
Otros Ingresos				-
Depreciación	145.00	145.00	145.00	435.00
Utilidad Operativa UAll	52,202.18	55,918.83	59,899.36	168,020.36
Ingresos Financieros				-
Gastos Financieros	36.25	36.25	36.25	108.75
Utilidad antes de Impuestos UAI	52,165.93	55,882.58	59,863.11	167,911.61
Participación de Trabajadores				-

Impuesto a la Renta	15,649.78	16,764.77	17,958.93	50,373.48
Utilidad Neta	36,516.15	39,117.80	41,904.18	117,538.13

*Se consideró un crecimiento del 7.1% anual. Moneda: USD

Datos

Ventas Históricas en TNR.	1,230.00	1,317.33	1,410.86
Precio de Venta histórico promedio	314.00	314.00	314.00
Proyección de crecimiento	0.07	0.07	0.07
Nuevo Costo de fabricación por TNR (USD)	203.61	203.61	203.61

La tabla 7 muestra los resultados de una simulación por 3 años del estado de ganancias y pérdidas posteriores a la reingeniería del proceso. El resultado muestra un acumulado de 117 538.13 dólares en los últimos tres años, siendo superior en 130% al estado anterior.

Tabla N° 8. Diferencia de resultados - Estado mejorado menos estado actual.

Estado de resultado Postmejora (USD.)	Año	Año	Año	Acumulado
	1	2	3	
Beneficios por reducción de costos unitarios	20,794.74	22,240.17	23,399.80	66,434.72
Costo de implementación de mejora	4,457.33	5,198.06	295.00	9,950.38
Beneficio neto de la mejora	16,337.42	17,042.11	23,104.80	56,484.33

Los beneficios de la reingeniería (Tabla 8) se cuentan a partir del primer año de su implementación logrando un acumulado 56 484.33 Dólares. Se calculan restando de los beneficios por reducción de costos unitarios del proceso menos el costo de la implementación de la misma.

I.19 Análisis estadístico.

I.19.1 Resultado 1 – Objetivo General (R1).

Tabla N° 9. Tabla de acumulados - Reingeniería en la productividad.

Observaciones	REINGENIERÍA					PRODUCTIVIDAD					Resultados financieros	Acumulado		
	Estudio del proceso			Rediseño		Productividad Mano de obra	Eficiencia		Eficacia			Beneficios financieros	Reingeniería	Productividad
	TS (min)	Costo M.O por pza.	Índice de rechazos	TVA (min)	TNVA (min)	Productividad del trabajo (pza/h-h)	Tasa de producción útil	Eficiencia operativa	Capacidad de planta	Eficacia operativa				
1	3.07	0.59	0	0.93	0.07	19.53	19.53	0.93	21.04	1.00	242,757.80	4.00	60.10	
2	3.43	0.66	0	0.93	0.07	17.47	17.47	0.93	18.79	1.00	226,987.48	4.36	53.74	
3	2.95	0.57	0	0.91	0.09	20.33	20.33	0.91	22.30	1.00	246,711.58	3.86	62.95	
4	2.95	0.57	0	0.90	0.10	20.33	20.33	0.90	22.47	1.00	226,686.41	3.86	63.12	
5	3.21	0.62	0	0.93	0.08	18.68	18.68	0.93	20.19	1.00	233,868.14	4.14	57.54	
6	3.01	0.58	0	0.93	0.07	19.92	19.92	0.93	21.50	1.00	184,990.15	3.94	61.34	
7	2.67	0.51	0	0.90	0.10	22.47	22.47	0.90	24.90	1.00	217,957.06	3.57	69.83	
8	2.81	0.54	0	0.90	0.10	21.34	21.34	0.90	23.71	1.00	243,313.77	3.71	66.40	
9	3.17	0.61	0	0.93	0.07	18.91	18.91	0.93	20.33	1.00	224,581.82	4.10	58.15	
10	2.89	0.55	0	0.92	0.08	20.75	20.75	0.92	22.64	1.00	247,690.97	3.81	64.14	
11	2.57	0.49	0	0.92	0.08	23.34	23.34	0.92	25.32	1.00	233,493.06	3.49	72.01	
12	2.91	0.56	0	0.90	0.10	20.61	20.61	0.90	22.81	1.00	216,159.23	3.82	64.02	
13	2.69	0.52	0	0.92	0.08	22.30	22.30	0.92	24.29	1.00	232,849.90	3.61	68.89	
14	2.93	0.56	0	0.93	0.07	20.47	20.47	0.93	21.97	1.00	229,164.32	3.86	62.90	
15	2.67	0.51	0	0.91	0.09	22.47	22.47	0.91	24.69	1.00	232,822.32	3.58	69.63	
16	3.09	0.59	0	0.94	0.06	19.40	19.40	0.94	20.75	1.00	224,171.98	4.03	59.56	
17	2.73	0.52	0	0.90	0.10	21.97	21.97	0.90	24.49	1.00	219,785.05	3.63	68.43	
18	2.89	0.55	0	0.90	0.10	20.75	20.75	0.90	22.98	1.00	200,196.36	3.79	64.48	
19	2.89	0.55	0	0.91	0.09	20.75	20.75	0.91	22.81	1.00	257,305.47	3.80	64.31	
20	2.77	0.53	0	0.93	0.07	21.65	21.65	0.93	23.34	1.00	245,142.23	3.70	66.65	
21	2.99	0.57	0	0.92	0.08	20.05	20.05	0.92	21.81	1.00	225,276.84	3.91	61.92	
22	2.85	0.55	0	0.93	0.07	21.04	21.04	0.93	22.64	1.00	217,444.65	3.78	64.72	
23	3.23	0.62	0	0.94	0.06	18.56	18.56	0.94	19.79	1.00	231,485.52	4.17	56.91	
24	2.87	0.55	0	0.93	0.07	20.90	20.90	0.93	22.47	1.00	213,279.92	3.80	64.26	
25	3.51	0.67	0	0.92	0.08	17.07	17.07	0.92	18.56	1.00	233,105.36	4.43	52.71	
26	3.15	0.60	0	0.92	0.08	19.03	19.03	0.92	20.75	1.00	237,664.72	4.07	58.81	
27	2.95	0.57	0	0.91	0.09	20.33	20.33	0.91	22.30	1.00	224,427.95	3.86	62.95	
28	3.23	0.62	0	0.92	0.08	18.56	18.56	0.92	20.19	1.00	239,584.06	4.15	57.31	
29	2.87	0.55	0	0.92	0.08	20.90	20.90	0.92	22.64	1.00	192,792.96	3.79	64.43	
30	2.89	0.55	0	0.93	0.07	20.75	20.75	0.93	22.30	1.00	194,741.42	3.82	63.80	
31	3.03	0.58	0	0.93	0.07	19.79	19.79	0.93	21.34	1.00	253,097.39	3.96	60.92	
32	2.67	0.51	0	0.89	0.11	22.47	22.47	0.89	25.11	1.00	226,106.16	3.57	70.04	
33	2.87	0.55	0	0.92	0.08	20.90	20.90	0.92	22.64	1.00	263,612.35	3.79	64.43	
34	2.85	0.55	0	0.92	0.08	21.04	21.04	0.92	22.98	1.00	234,188.60	3.77	65.07	
35	2.77	0.53	0	0.91	0.09	21.65	21.65	0.91	23.71	1.00	205,658.60	3.68	67.02	
36	2.75	0.53	0	0.90	0.10	21.81	21.81	0.90	24.29	1.00	230,325.82	3.65	67.91	
37	2.73	0.52	0	0.93	0.07	21.97	21.97	0.93	23.71	1.00	198,980.29	3.66	67.66	
	2.93	0.56	-	0.92	0.08	20.55	20.55	0.92	22.39	1.00	227,254.26			

La tabla 10 describe el acumulado de los indicadores de cada dimensión de la variable explicativa y dependiente. Estos datos se usan para efectuar los cálculos de correlación de las variables.

Tabla N° 10. Test de normalidad de la variable dependiente.

Estadísticos	Productividad Reingeniería	
Mean	63.49	3.85
Median	64.14	3.81
Maximum	72.01	4.43
Minimum	52.71	3.49
Std. Dev.	4.55	0.22
Skewness	-	0.41
Kurtosis	2.77	3.27
Jarque-Bera	1.10	3.65
Probability	0.58	0.16
Sum	2,349.06	142.52
Sum Sq. Dev.	743.89	1.71
Observations	37	37

Fuente: Datos procesados con EViews.

Los valores de la variable dependiente (Productividad) tienen una probabilidad de normalidad 58% según el estadístico Jarque-Bera.

Tabla N° 11. Análisis de correlación con mínimos cuadrados- Influencia de la reingeniería.

Regression Analysis							
r ²	0.992	n	37				
r	-0.996	k	1				
Std. Error	0.425	Dep. Var.	Productividad				
ANOVA table							
Source	SS	df	MS	F	p-value		
Regression	737.7329	1	737.7329	4088.55	7.63E-38		
Residual	6.3154	35	0.1804				
Total	744.0483	36					
Regression output							
variables	coefficients	std. error	t (df=35)	p-value	confidence interval		std. coeff.
Intercept	143.3907	1.2516	114.568	1.15E-46	140.8498	145.9315	0.000
Reingeniería	-20.7406	0.3244	-63.942	7.63E-38	-21.3991	-20.0821	-0.996

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

El análisis de correlación o influencia de la variable de la variable explicativa (Reingeniería) sobre la variable dependiente (Productividad) con el método de mínimos cuadrados muestra un R² de 0.992 con un nivel de significancia menor al 0.05 (Tabla 12)

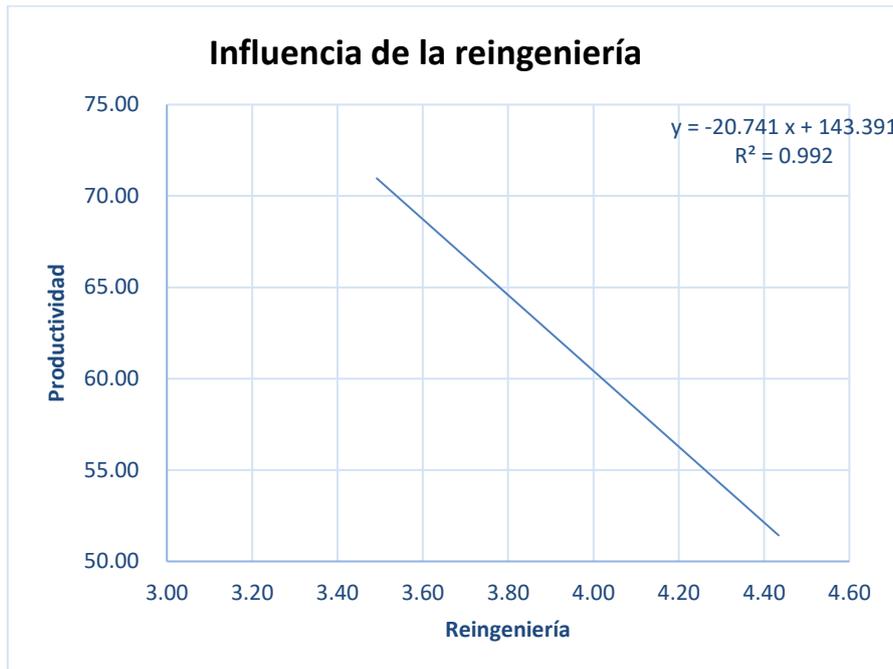


Figura N° 45. Gráfica de influencia de la reingeniería.

La figura 45 muestra el modelo o ecuación que explica la influencia ejercida por la variable predictora sobre la productividad. Por cada unidad de la variable reingeniería (Para el caso tiempo estándar y tiempos de valor agregado) se restan 20.74 unidades de la variable dependiente más un valor constante de 143.39, es decir, si el tiempo estándar se incrementara la productividad decrecería o la inversa si el tiempo estándar disminuye el valor la productividad sube.

I.19.1.1 Prueba de Hipótesis general (R1).

Esta investigación se planteó como hipótesis general que la reingeniería influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre, Después de realizarse la primera observación al grupo de control 1 para determinar la productividad actual del proceso se determinó que éste tenía una media de 8.43 unidades por hora hombre, por lo que se espera una productividad superior a ese valor. Esta prueba se hace en base a los valores obtenidos en los grupos de control 1 (actual) y grupo de control 2, post implementación de la reingeniería del proceso.

Planteamiento de Hipótesis

$H_0 = \mu \leq 8.43$ (La productividad del proceso después de la reingeniería es menor igual a 8.43 unidades/h-h.)

$H_1 = \mu > 8.43$ (La productividad del proceso después de la reingeniería es mayor igual a 8.43 unidades/h-h.)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $p \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H_0 ; $p < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Prueba de t para observaciones emparejadas

Tabla N° 12. Prueba de hipótesis general.

Hypothesis Test: Paired Observations	
8.43	hypothesized value
8.43	mean Productividad del trabajo GC1 (pza/h-h)
20.55	mean Productividad del trabajo - GC2 (pza/h-h)
-12.12	mean difference (Productividad del trabajo-GC1 (pza/h-h) - Productividad del trabajo -GC2 (pza/h-h))
1.65	std. dev.
0.27	std. error
37	n
36	df
-75.882	t
2.522E-41	p-value (two-tailed)

Fuente: Resultados obtenidos del procesamiento de datos en MegaStat.

Nota: Dado los datos de la prueba de hipótesis para observaciones emparejadas se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que postula que la reingeniería influye en el incremento de la productividad en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) con p valor inferior a 0.05 confirmando que existe evidencia estadística que los datos hallados son significativos.

I.19.2 Resultado 2 – Objetivo específico 1 – Variable: Reingeniería-Dimensión Estudio del proceso.

Se toma en cuenta los datos de la tabla 9, columna productividad acumulada como valores de la variable dependiente. La información se procesa con el software MegaStat para determinar cuánto influye la dimensión estudio del proceso en la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre.

Tabla N° 13. Análisis de regresión - Dimensión Estudio del proceso.

Regression Analysis							
	r ²	0.987	n	37			
	r	-0.994	k	1			
	Std. Error	0.523	Dep. Var.	Productividad			
ANOVA table							
Source	SS	df	MS	F	p-value		
Regression	734.4781	1	734.4781	2686.13	1.10E-34		
Residual	9.5702	35	0.2734				
Total	744.0483	36					
Regression output							
variables	coefficients	std. error	t (df=35)	p-value	95% lower	95% upper	std. coeff.
Intercept	125.8098	1.2056	104.358	2.99E-45	123.3623	128.2572	0.000
TS (min)	-21.2382	0.4098	-51.828	1.10E-34	-22.0701	-20.4063	-0.994

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

La dimensión Estudio del proceso teniendo como indicador más importante el tiempo estándar tiene un r^2 de 0.987 confirmando un nivel de influencia significativa dado que su p-value es inferior a 0.05.

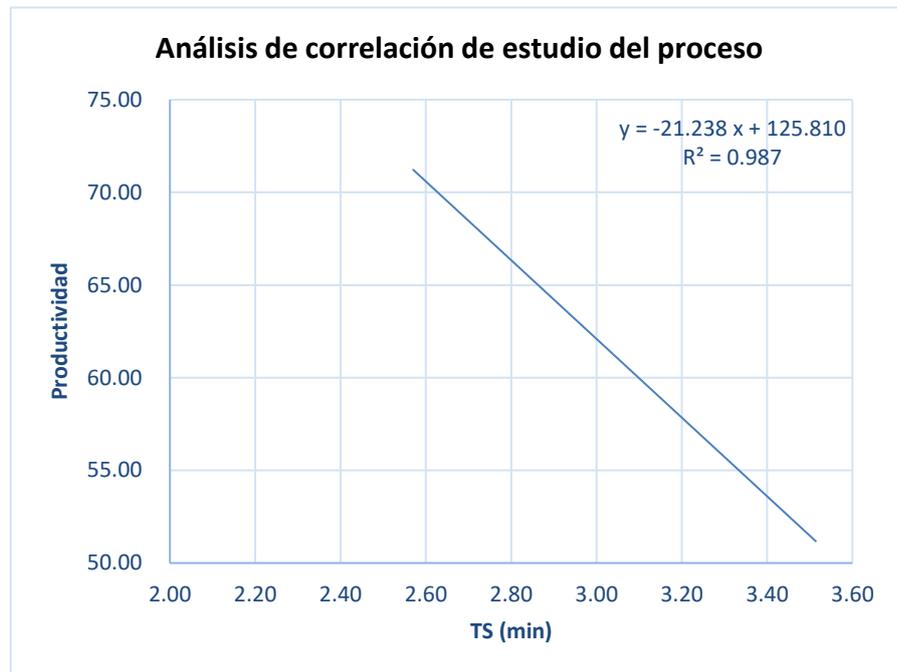


Figura N° 46. Gráfica análisis de regresión - Dimensión estudio del proceso.

La figura 46 muestra el modelo matemático que explica la correlación de la subvariable explicativa estudio del proceso respecto a la productividad. Se expresa como: Productividad= - 21.238x+125.81. Es decir, Por cada unidad de la variable predictiva se restan 21.238 de la variable dependiente más una constante de 125.81.

En la siguiente matriz se analiza la correlación de la subvariable estudio del proceso respecto a las subvariables de la variable dependiente en función de la diferencia de los resultados de los grupos de control 1 y 2.

MATRIZ DE INFLUENCIA

Variable Independiente	Variable dependiente		PRODUCTIVIDAD				
	Dimensiones	Sub Var dep	Productividad del Trabajo	Eficiencia		Eficacia	Resultados financieros
			Productividad M.O	Producción útil	Eficiencia operativa	Capacidad de planta	Beneficios post implementación
REINGENIERÍA	Estudio del Proceso	Tiempo estandar	0.989	0.989	0.647	0.927	0.989
		Costos	0.989	0.989	0.647	0.927	0.989
	Rediseño	TVA	0.684	0.684	0	0.844	0.684
		TNVA	0.365	0.365	0.365	0.365	0.365

Figura N° 47. Matriz influencia del estudio del proceso en la productividad.

La subvariable estudio del proceso tuvo una influencia del 98.9% sobre los indicadores de productividad del trabajo, producción útil y beneficios posteriores a la reingeniería. En menor medida el mismo indicador influye en la subvariable eficiencia (81.8% en promedio). Finalmente, esta dimensión de la reingeniería tiene nula influencia sobre el indicador eficacia operativa de la dimensión Eficacia de la variable Productividad.

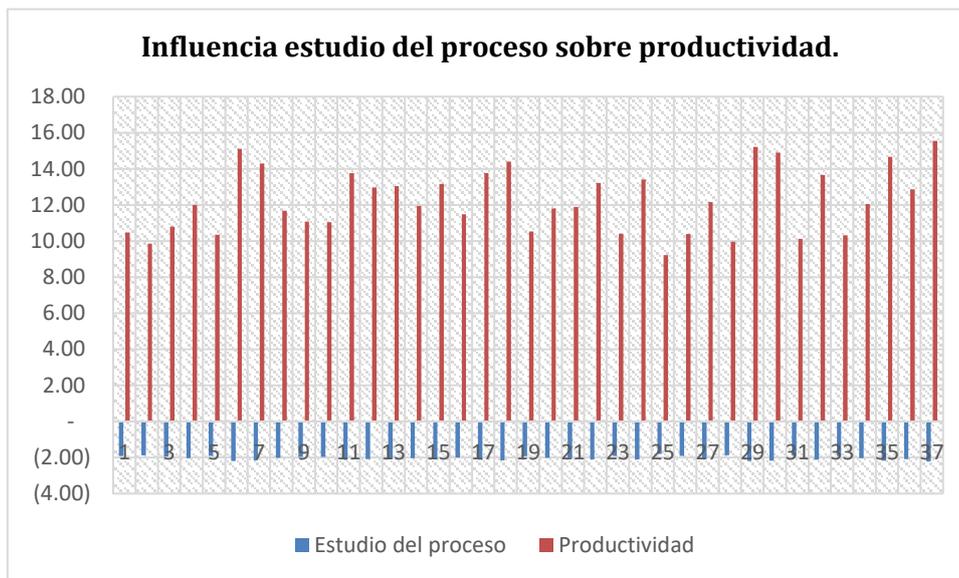


Figura N° 48. Gráfica de influencia del estudio del proceso sobre productividad.

La figura 48 muestra cómo es que cada barra azul repela a las barras rojas, cuánto menos negativo sea el valor las barras azules más positividad logran las rojas, existe una trayectoria de tipo espejo en el eje horizontal. La diferencia negativa de los valores de tiempo estándar, costos y tiempo de No valor agregado favorecen el incremento de la productividad.

I.19.2.1 Prueba de Hipótesis - influencia del estudio del proceso (R2).

Esta investigación se planteó como hipótesis específica 1 que el estudio del proceso influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre. Conocidos los resultados de los indicadores: Costo, tiempo e índice de rechazo de la dimensión Estudio del proceso de la variable reingeniería de las observaciones antes y después de la implementación de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre se elabora un análisis de regresión

Planteamiento de Hipótesis

H0= El estudio del proceso No influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

H1= El estudio del proceso influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H_0 ; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Análisis de regresión

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método análisis de regresión (Tabla 13) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que postula el estudio del proceso influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) con p valor inferior a 0.05 confirmando que existe evidencia estadística que los datos hallados son significativos.

I.19.3 Resultado 3 – Objetivo específico 2 – Variable: Reingeniería-Dimensión rediseño.

Para el análisis de regresión siguiente se toma en cuenta los datos contenidos en la tabla 9.

Tabla N° 14. Análisis de regresión para la dimensión rediseño.

Regression Analysis					
r^2	0.263	n	37		
r	-0.513	k	1		
Std. Error	3.958	Dep. Var.	Productividad		

ANOVA table					
Source	SS	df	MS	F	p-value
Regression	195.6157	1	195.6157	12.48	.0012
Residual	548.4326	35	15.6695		
Total	744.0483	36			

Regression output					confidence interval		
variables	coefficients	std. error	t (df=35)	p-value	95% lower	95% upper	std. coeff.
Intercept	245.5017	51.5188	4.765	3.25E-05	140.9130	350.0904	0.000
TVA (min)	-198.2590	56.1124	-3.533	.0012	-312.1732	-84.3448	-0.513

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

La subvariable Rediseño de la variable explicativa tiene una r^2 de 0.263 con una p-valor inferior a 0.05, si bien la correlación de esta subvariable es menor en relación a la subvariable estudio del proceso su correlación no deja de ser significativo en la productividad (Variable dependiente).

En la figura 44 se muestra una dispersión de los datos que dan cuenta de una correlación débil. El modelo matemático que explica esta correlación es: $y = -198.259x + 245.502$. Esta dimensión de la variable reingeniería tiene como indicadores los tiempos de valor agregado y los tiempos de No Valor agregado del proceso. Los tiempos de No Valor agregado se reducen a partir de la implementación reingeniería al pasar de un modelo de soldeo en caliente a soldeo en frío.

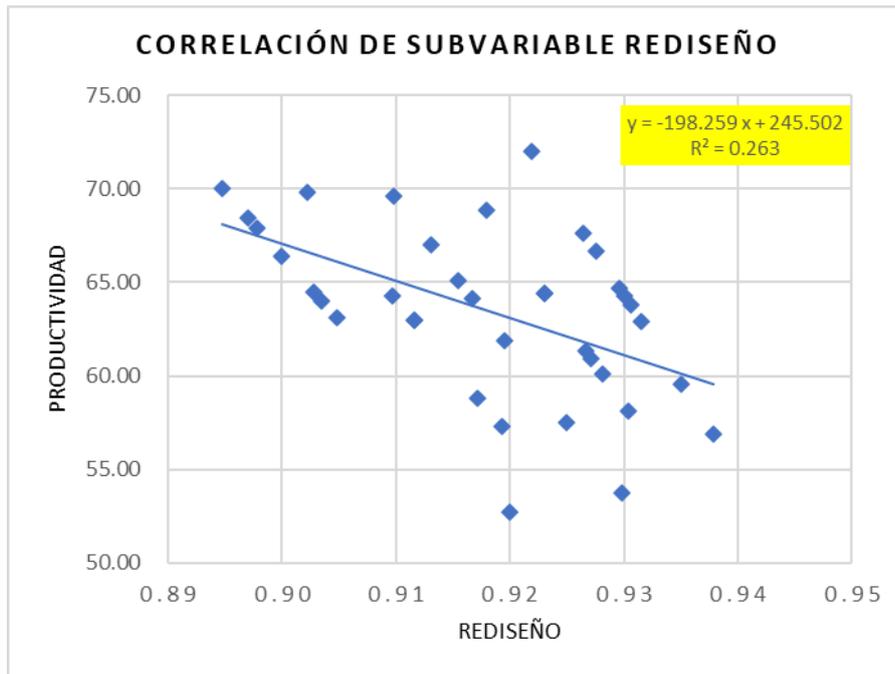


Figura N° 49. Gráfica de correlación de Rediseño.

A partir de las diferencias de los indicadores resultantes del grupo de control y 2 se construye la siguiente matriz de influencia de la subvariable rediseño en la productividad.

MATRIZ DE INFLUENCIA

Variable Independiente	Variable dependiente		PRODUCTIVIDAD				
	Dimensiones	Sub Var dep	Productividad del Trabajo	Eficiencia		Eficacia	Resultados financieros
	Sub. Var ind	Indicadores	Productividad M.O	Producción útil	Eficiencia operativa	Capacidad de planta	Beneficios post implementación
REINGENIERÍA	Estudio del Proceso	Tiempo estandar	0.989	0.989	0.647	0.927	0.989
		Costos	0.989	0.989	0.647	0.927	0.989
	Rediseño	TVA	0.684	0.684	0	0.844	0.684
		TNVA	0.365	0.365	0.395	0.398	0.365

Figura N° 50. Matriz de influencia rediseño en la productividad.

La subvariable rediseño de la variable explicativa tiene influencia variada respecto a cada una de las subvariables de la variable dependiente, así se tiene que el tiempo de Valor agregado tiene mayor influencia sobre la subvariable dependiente eficacia en el indicador capacidad de planta. La reducción del tiempo de No valor agregado permite una mejor eficiencia operativa.

I.19.3.1 Prueba de Hipótesis - influencia de la dimensión rediseño en la productividad (R3).

Planteada la hipótesis específica 2, el rediseño del proceso influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocidos los resultados de los

indicadores: Tiempo de Valor agregado (TVA) y tiempo de No valor agregado (TNVA) de la dimensión Rediseño del proceso de la variable reingeniería de las observaciones antes y después de la implementación de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre se elabora un análisis de regresión

Planteamiento de Hipótesis

H0= El rediseño del proceso No influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

H1= El rediseño del proceso influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta Ho; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta Ha

Prueba estadística: Análisis de regresión

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método análisis de regresión (Tabla 14) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna que postula el rediseño del proceso influye en el incremento de la productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) con p valor inferior a 0.05.

I.19.4 Resultado 4 – Objetivo específico 3 – Variable: Productividad.

I.19.4.1 Prueba de hipótesis tiempo estándar.

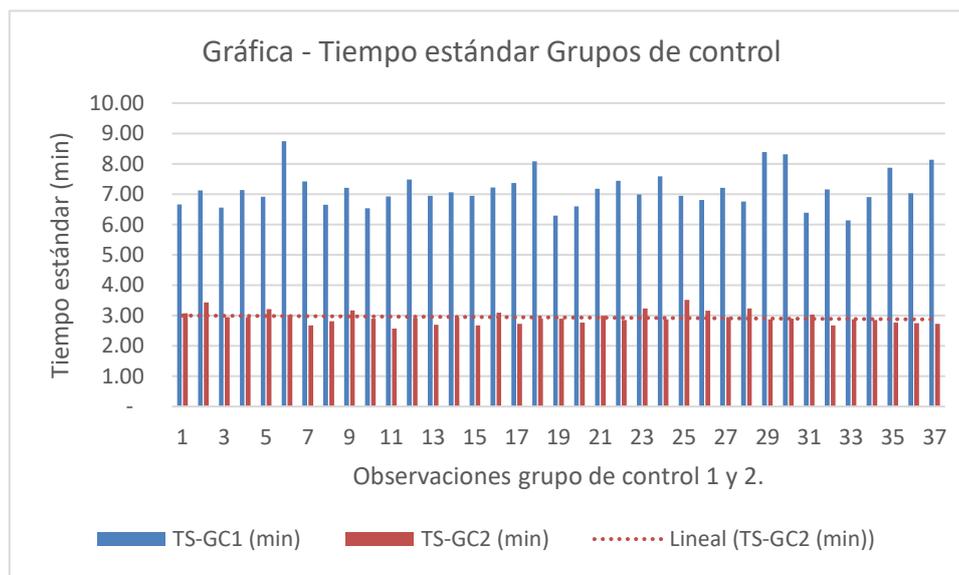


Figura N° 51. Gráfica tiempo estándar antes y después de la reingeniería.

La figura 51 muestra los tiempos del proceso de unión de tuberías de cobre antes y después de la implementación de la reingeniería. El tiempo estándar promedio del proceso después de la reingeniería es de 2.94 min/und, se ha reducido de 7.16 min/und, es decir, ha decrecido en un 144%

Planteada la hipótesis específica 3, Los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano obra y resultados financieros mejoran después de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocido el resultado del indicador **tiempo estándar** se plantea la siguiente prueba de hipótesis para observaciones emparejadas.

Planteamiento de Hipótesis

$H_0 = \mu \geq 7.16$ (El tiempo estándar del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es mayor igual a 7.16 min/und)

$H_1 = \mu < 7.16$ (El tiempo estándar del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es menor a 7.16 min/und)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H_0 ; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Prueba T para muestras emparejadas

Tabla N° 15. Prueba de hipótesis tiempo estándar

Hypothesis Test: Paired Observations	
7.1600000	hypothesized value
7.1637526	mean TS-GC1 (min)
2.9344405	mean TS-GC2 (min)
4.2293122	mean difference (TS-GC1 (min) - TS-GC2 (min))
0.6576999	std. dev.
0.1081252	std. error
37	n
36	df
-27.105	t
7.58E-26	p-value (one-tailed, lower)

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método de la prueba T para muestras emparejadas (Tabla 16) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que hay evidencia estadística para demostrar que el tiempo estándar decrece después de la implementación de la reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) y un p valor inferior a 0.05 confirmando que existe evidencia estadística que los datos hallados son significativos.

I.19.4.2 Prueba de hipótesis costos de mano de obra.

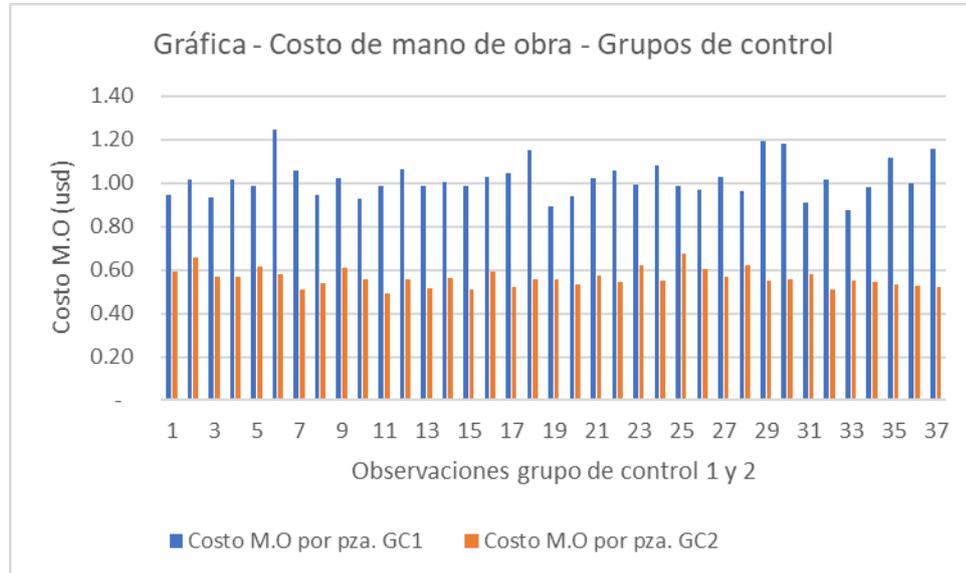


Figura N° 52. Gráfica - costo de mano de obra antes y después de la reingeniería.

La figura 52 muestra el costo de la mano obra del del proceso de unión de tuberías de cobre antes y después de la implementación de la reingeniería. El costo del proceso en promedio después de la reingeniería es de 0.56 usd/und, se ha reducido de 1.02 usd/und, es decir, ha decrecido en un 45%

Planteada la hipótesis específica 4, Los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano obra y resultados financieros mejoran después de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocido el resultado del indicador **costo de mano de obra** se plantea la siguiente prueba T para observaciones emparejadas.

Planteamiento de Hipótesis

H0= $\mu \geq 1.02$ (El costo de mano de obra del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es mayor igual a 1.02 usd/und)

H1= $\mu < 1.02$ (El costo de mano de obra del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es menor a 1.02 usd/und)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta Ho; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta Ha

Prueba estadística: Prueba T para muestras emparejadas

Tabla N° 16. Prueba de hipótesis Costo de mano de obra.

Hypothesis Test: Paired Observations	
1.0200000	hypothesized value
1.0191113	mean Costo M.O por pza.
0.5627694	mean Costo M.O por pza.
0.4563419	mean difference (Costo M.O por pza. - Costo M.O por pza.)
0.0986676	std. dev.
0.0162208	std. error
37	n
36	df
-34.749	t
1.37E-29	p-value (one-tailed, lower)

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método de la prueba T para muestras emparejadas (Tabla 17) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que existe evidencia estadística para demostrar que el costo de mano de obra decrece después de la implementación de la reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) y un p valor inferior a 0.05 confirmando que los datos hallados son significativos.

I.19.4.3 Prueba de hipótesis productividad del trabajo.

En la figura 51 se muestra la productividad de la mano obra del proceso de unión de tuberías de cobre antes y después de la implementación de la reingeniería. La productividad de la mano de obra promedio del proceso después de la reingeniería es de 20.54 und/h-h, se ha incrementado de 8.43 und/h-h, logrando un crecimiento de 144%

Planteada la hipótesis específica 4, Los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano obra y resultados financieros mejoran después de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocido el resultado del indicador **productividad de mano de obra** se plantea la siguiente prueba T para observaciones emparejadas.

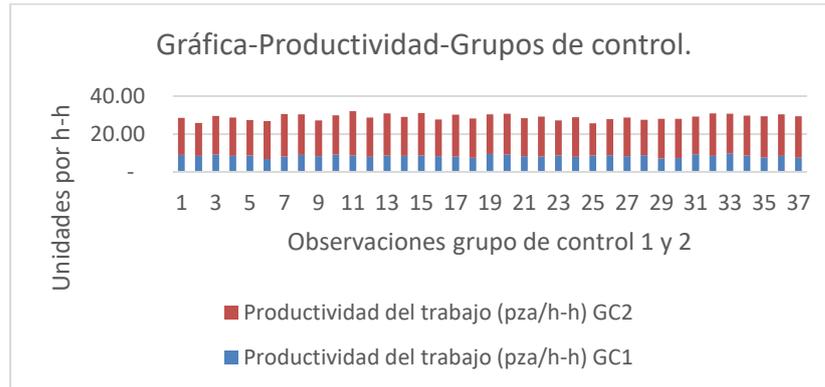


Figura N° 53. Gráfica - Productividad del trabajo antes y después de la reingeniería.

Planteamiento de Hipótesis

$H_0 = \mu \leq 8.43$ (La productividad de la mano del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es menor igual a 8.43 usd/und)

$H_1 = \mu > 8.43$ (La productividad de la mano del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es mayor a 8.43 usd/und)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H_0 ; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Prueba T para muestras emparejadas

Tabla N° 17. Prueba de hipótesis productividad del trabajo.

Hypothesis Test: Paired Observations	
8.4300000	hypothesized value
20.5470113	mean Productividad del trabajo (pza/h-h) GC2
8.4291245	mean Productividad del trabajo (pza/h-h) GC1
12.1178868	mean difference (Productividad del trabajo (pza/h-h) GC2 - Productividad del trabajo (pza/h-h) GC1)
1.6471343	std. dev.
0.2707872	std. error
37	n
36	df
13.619	t
4.50E-16	p-value (one-tailed, upper)

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método de la prueba T para muestras emparejadas (Tabla 18) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que existe evidencia estadística para demostrar que la productividad de mano de obra se incrementa después de la implementación de la reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre en

una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) y un p valor inferior a 0.05 confirmando que los datos hallados son significativos.

I.19.4.4 Prueba de hipótesis eficiencia operativa.

En la figura 54 se muestra la eficiencia operativa del del proceso de unión de tuberías de cobre antes y después de la implementación de la reingeniería. La eficiencia operativa promedio del proceso después de la reingeniería es de 93%, se ha incrementado de 59%, logrando un crecimiento de 58%

Planteada la hipótesis específica 4, Los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano obra y resultados financieros mejoran después de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocido el resultado del indicador **Eficiencia operativa** se plantea la siguiente prueba T para observaciones emparejadas.

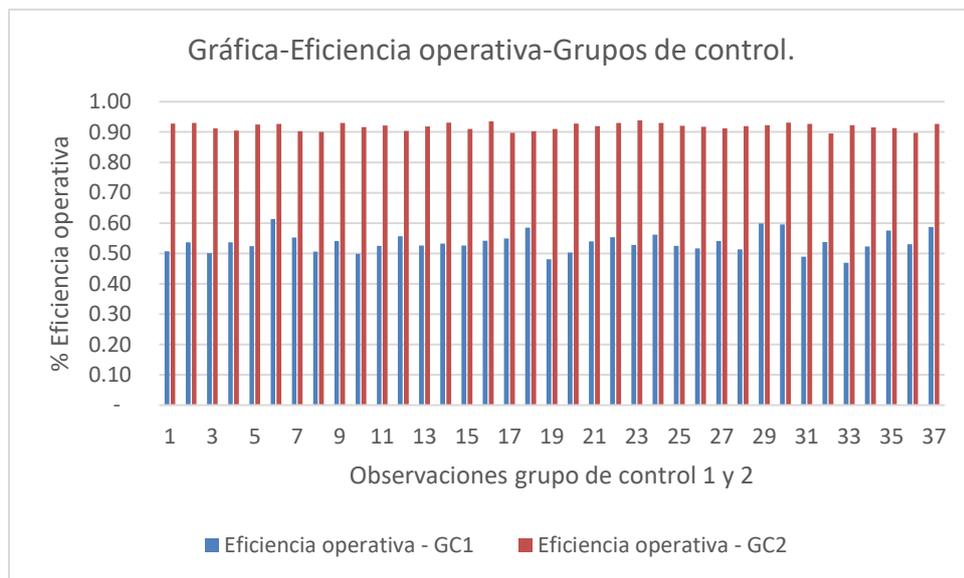


Figura N° 54. Gráfica - Eficiencia operativa antes y después de la reingeniería.

Planteamiento de Hipótesis

$H_0 = \mu \leq 0.59$ (La eficiencia operativa del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es menor igual al 59%)

$H_1 = \mu > 0.59$ (La eficiencia operativa del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es mayor al 59%)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $p \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H_0 ; $p < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Prueba T para muestras emparejadas

Tabla N° 18. Prueba de hipótesis eficiencia operativa.

Hypothesis Test: Mean vs. Hypothesized Value

0.54000	hypothesized value
0.91806	mean Eficiencia operativa - GC2
0.01176	std. dev.
0.00193	std. error
37	n
36	df
195.590	t
2.18E-56	p-value (one-tailed, upper)

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método de la prueba T para muestras emparejadas (Tabla 19) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que existe evidencia estadística para demostrar que la eficiencia operativa se incrementa después de la implementación de la reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) y un p valor inferior a 0.05 confirmando que los datos hallados son significativos.

I.19.4.5 Prueba de hipótesis capacidad de planta.

En la figura 55 se muestra la capacidad de planta del proceso de unión de tuberías de cobre antes y después de la implementación de la reingeniería. La capacidad de planta promedio del proceso después de la reingeniería es de 22.39 und/h-h, se ha incrementado de 15.07 und/h-h, logrando un crecimiento de 49%

Planteada la hipótesis específica 4, Los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano obra y resultados financieros mejoran después de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocido el resultado del indicador **capacidad de planta** se plantea la siguiente prueba T para observaciones emparejadas.

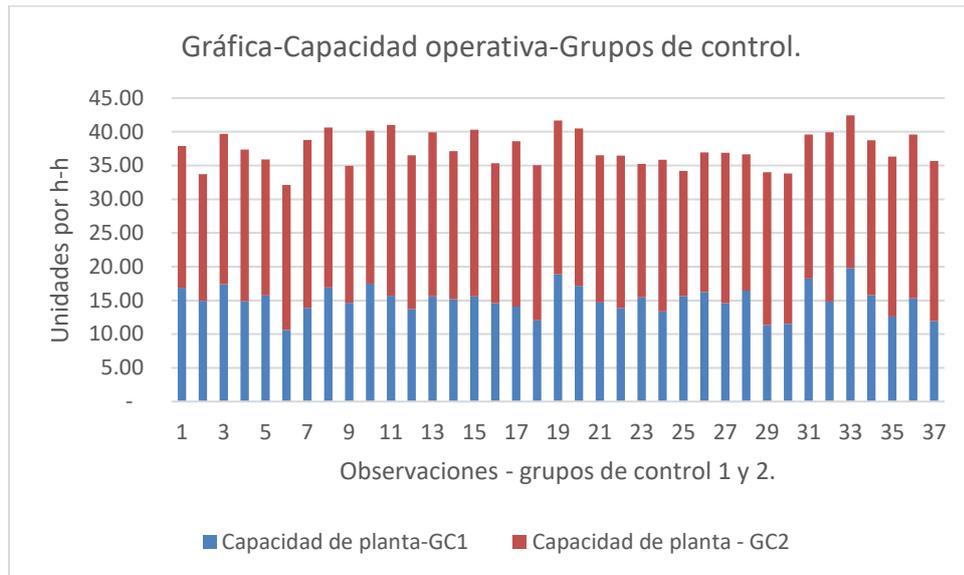


Figura N° 55. Gráfica - Capacidad operativa antes y después de la reingeniería.

Planteamiento de Hipótesis

$H_0 = \mu \leq 15.07$ (La capacidad de planta del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es menor igual al 15.07 und/h-h)

$H_1 = \mu > 15.07$ (La capacidad de planta del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es mayor al 15.07 und/h-h)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H_0 ; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Prueba T para muestras emparejadas

Tabla N° 19. Prueba de hipótesis capacidad de planta.

Hypothesis Test: Mean vs. Hypothesized Value	
15.07000	hypothesized value
22.39343	mean Capacidad de planta - GC2
1.70541	std. dev.
0.28037	std. error
37	n
36	df
26.121	t
2.69E-25	p-value (one-tailed, upper)

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método de la prueba T para muestras emparejadas (Tabla 20) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que existe evidencia estadística para demostrar que la capacidad de planta se incrementa después de la implementación de la reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa

electromecciónica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) y un p valor inferior a 0.05 confirmando que los datos hallados son significativos.

I.19.4.6 Prueba de hipótesis beneficios financieros.

En la figura 56 se muestran los beneficios económicos como resultado financiero del proceso de unión de tuberías de cobre antes y después de la implementación de la reingeniería. Los beneficios del proceso en promedio después de la reingeniería son de 198 980.29 usd, se han incrementado de 60 763.17 usd, logrando un crecimiento de 227%%

Planteada la hipótesis específica 4, Los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano obra y resultados financieros mejoran después de la reingeniería del proceso de unión de tuberías de cobre, y conocido el resultado del indicador **beneficios económicos** se plantea la siguiente prueba T para observaciones emparejadas.

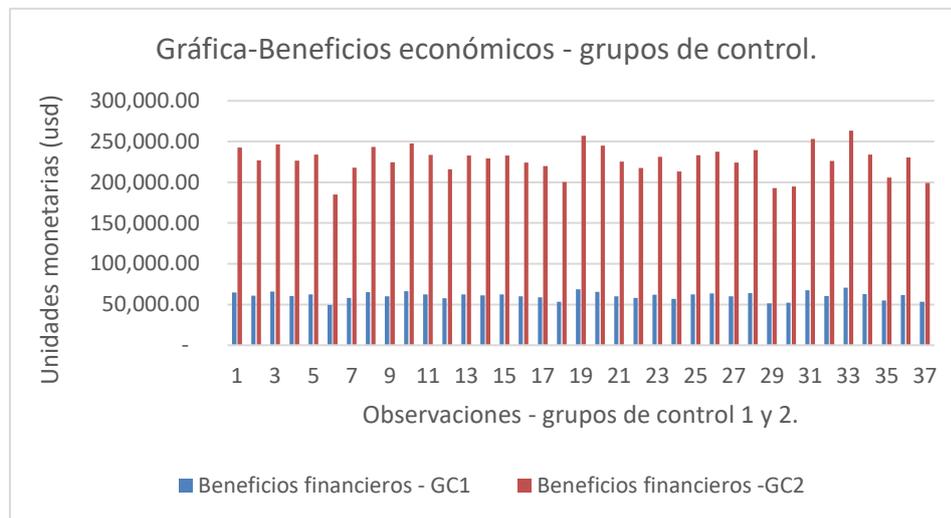


Figura N° 56. Gráfica - beneficios financieros.

ANÁLISIS DE RESULTADOS FINANCIEROS

En base a la información de los estados financieros proyectados descrito en el punto V acápite resultados financieros se elabora un análisis de Valor actual Neto, tasa interna de retorno y Payback o período de recuperación de capital

Tabla N° 20. Análisis de Valor actual neto.

ANÁLISIS VALOR ACTUAL NETO

Proyecto	Peso del aporte		Retorno exigido		Tasa de descuento	VAN (USD)
	% Deuda	% Patrimonio	kd (Banco)	ka (Accionistas)	WACC	
Reingeniería del Procesos	50.00%	50.00%	20.00%	25.00%	19.50%	23,274.32

INVERSION (Expresa en USD)

	AÑO 0	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3
VP	-4,457.33	16,337.42	17,042.11	23,104.80
	-4,457.33	13,671.48	11,934.05	13,539.37

Para calcular el Valor actual Neto (VAN) se ha tenido en cuenta que se adquirirá una deuda por el 50% de costo de la implementación, Para el retorno exigido por el banco se consideró una tasa anual de 20% y de los accionistas de 25%, obteniéndose una tasa de descuento por el costo promedio ponderado del capital de 19.50% (Ver tabla 13).

ANÁLISIS TASA INTERNA DE RETORNO

TIR	WACC	VAN (USD)
294%	0.195	23,274.32

Payback con flujo de caja Variable

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN

PRI (Meses)	I ₀ (Inversion inicial)	F (Valor de flujos de caja)
7 Meses	7,554.79	13,671.48

Figura N° 57. Análisis TIR y Período de recuperación de Inversión.

El valor actual Neto (VAN) es superior a 0, confirmando que la inversión maquinaria para implementar la reingeniería del proceso genera valor económico a la organización. La tasa interna de retorno (TIR) es superior a WACC (Tasa de descuento del costo promedio ponderado del capital) y el período de recuperación de la inversión (PRI o Playback) es de 7 meses. La inversión es altamente recomendable.

Planteamiento de Hipótesis

H₀= $\mu \leq 50\,466.14$ (los beneficios económicos del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería es menor igual 50 466.14 usd)

H₁= $\mu > 50\,466.14$ (los beneficios económicos del proceso de unión de tuberías después de la reingeniería son mayores a 50 466.14 usd)

Nivel de significancia: $\alpha = 0,05 \cong 5\%$

Regla de decisión: $\rho \geq \alpha \rightarrow$ se acepta H₀; $\rho < \alpha \rightarrow$ se acepta H_a

Prueba estadística: Prueba T para muestras emparejadas

Tabla N° 21. Prueba de hipótesis Beneficios de la reingeniería.

Hypothesis Test: Mean vs. Hypothesized Value

50,466.14	hypothesized value
116,072.12	mean RF Beneficios GC1 (USD)
9,184.97	std. dev.
1,510.00	std. error
37	n
36	df

43.448 t

5.28E-33 p-value (one-tailed, upper)

Fuente: Datos procesados con MegaStat.

Decisión:

Dado los datos de la prueba de hipótesis con el método de la prueba T para muestras emparejadas (Tabla 22) se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna ya que existe evidencia estadística para demostrar que los beneficios económicos se incrementan después de la implementación de la reingeniería al proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020 con un riesgo de 5% (Nivel de significancia) y un p valor inferior a 0.05 confirmando que los datos hallados son significativos.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.

I.20 Discusiones.

A partir de los hallazgos encontrados se acepta la hipótesis alternativa general con un riesgo de 5% (nivel de significancia) que concluye en afirmar que hay evidencia para sostener que la reingeniería influye en el incremento de la productividad con un coeficiente de determinación de 0.992 (r^2) del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica de Lima – Perú 2020. En el mismo sentido se aceptan las hipótesis alternativas que tanto el **estudio** y **rediseño** del proceso influyen en el incremento de la productividad con un r^2 de 0.987 y 0.263 respectivamente.

Estos resultados tienen concordancia con la investigación de (Carlín Jimenez & Sanchez Chauca, 2017), que señala que después de aplicada la reingeniería el desempeño es favorable en 80.58% de incremento en la productividad. En el mismo sentido las investigaciones de: (Pérez Abad, 2019), (Torres Acuña, 2014), (Calderón Andrade, Hernandez Gress, & Montufar Benítez, 2020) todos coinciden en que la reingeniería tiene un impacto positivo en la productividad.

Los autores (Carlín Jimenez & Sanchez Chauca, 2017) y (Torres Acuña, 2014) reportan en sus investigaciones una reducción importante en los tiempos del proceso, dado que la reingeniería cambia, modifica o rediseña la técnica o la manera de hacer las cosas radicalmente y se esperan resultados espectaculares como lo plantearon sus precursores. Para el caso de estudio de esta investigación se hace uso de tecnología limpia, que busca simplicidad del proceso para evitar un mayor impacto al entorno, que mejore la ergonomía del trabajador y sobre todo que logre la valoración del cliente. Los tiempos de no valor agregado en un proceso consumen recursos en actividades que no crean valor, que generan sobrecostos y retrasos en las entregas. Para el caso, éstos son explicados por la técnica empleada por años que de optarse por una simple mejora seguiría siendo compleja, pues los trabajos en caliente son considerados actividades de alto riesgo por más cuidado que se imprima al proceso, en cambio, la alternativa de reingeniería aplicada ha convertido el proceso en menos riesgoso, así los tiempos de no valor agregado (TNVA) son reducidos drásticamente, pasan de 44% a un 8%.

Una polémica académica surgida a partir de la interrogante ¿Qué no es reingeniería? Permite hacer un contraste con la investigación de (Valencia Vela, 2016), puesto que el autor en su investigación se plantea como objetivo implementar la reingeniería de los procesos de soldadura, sin embargo, en el desarrollo de su implementación se advierte un mejor ordenamiento de su flujo de proceso, esto bien podría haberse llamado mejora del flujo. Hammer, precursor de la reingeniería, advertía que esta herramienta puede aplicarse cuando otras herramientas como mejora continua o mejora de procesos fuesen insuficientes para lograr resultados superiores. La reingeniería no es reestructurar o reorganizar, la reingeniería es cambiar la manera radicalmente de hacer las cosas para lograr grandes resultados. Esta podría ser la explicación por la que el autor solo reporta un valor de 7.21% en la reducción de los tiempos del proceso de soldeo.

Los resultados de productividad de la reingeniería sin duda son prometedores, sin embargo, sin resultados financieros perderían valor objetivo, por ello, en esta investigación hizo una simulación de estados financieros para los 3 años siguientes. Los resultados financieros, criterios base para toma de decisiones en formulación de proyectos de inversión, tales como Tasa Interna de Retorno (TIR), Valor actual Neto (VAN) y Payback resultante confirman que la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica es viable financieramente y que el retorno de la inversión necesaria para tal es menor a los 7 meses. Estos resultados son concordantes con las investigaciones de (Jiménez Cabeza, 2017) y (Carlín Jimenez & Sanchez Chauca, 2017), quienes reportan reducción de costos y mejoras en la rentabilidad en las empresas en las que se aplicaron. Una de las razones más importantes por las que el costo de las operaciones se reduce es la eliminación de los tiempos de tareas o actividades que no agregan valor al proceso. Dado que una operación es una agrupación de micro actividades y micro movimientos que en muchos casos no es detectado el tiempo que no transforma y que no crea valor, los sobre costos no son detectados a tiempo. El problema de productividad no solo es achacable al recurso mano de obra, también es responsable el método, la técnica o el mal diseño del proceso que en el caso del rubro electromecánicas funciona por años. Los sistemas de soldeo para sistemas de refrigeración en todos los proyectos de construcción actualmente se conciben o se diseñan con soldeo en caliente, con la lógica que dice, si funciona para qué cambiar. Sin embargo, la técnica actual genera sobre costos. Como se ha demostrado en esta investigación; las actividades de soldeo con autógena son consideradas de alto riesgo laboral y por lo tanto se tiene que asignar mayor tiempo de entrenamiento al personal, mayor tiempo al registro de permisos antes de cada inicio de operación; la calidad del proceso depende de la habilidad y la facilidad que tenga el soldador en campo para la labor de soldeo, debido a que los trabajos se hacen en obra en el falso techo en donde además otras especialidades se disputan el espacio. Así, los defectos y rechazos por fugas en las uniones son frecuentes. En cambio, con un sistema con conectores libres de soldadura el acople se vuelve menos complejo reduciendo a cero los rechazos.

Los resultados no son determinantes para afirmar una reducción del costo total del proceso de instalación de tuberías de cobre, pues solo se ha analizado el proceso de soldeo de las tuberías por conveniencia del investigador, con los datos obtenidos podríamos inferir influencia en la reducción de los costos, sin embargo, se debe hacer un costeo general de materiales y accesorios que necesita el proceso. Un detalle que podría jugar en contra es el costo de los accesorios o conectores libres de soldadura en contraste con conectores estándares, al mismo tiempo, esta diferencia de costos podría ser compensadas con el ahorro de mano de obra, el no uso de gases tales como: Oxígeno, Acetileno y Nitrógeno y la reducción de traslados de tanques a obra y a puntos de cada operación.

I.21 Conclusiones.

Se cumplió con el objetivo principal al determinarse cuánto influye la reingeniería en el incremento de la productividad en el proceso de unión de tuberías de cobre con conectores libres de soldadura, con un nivel de correlación o R^2 de 92.2%, respecto al sistema tradicional unión de tuberías de cobre mediante un proceso de calentamiento de tuberías mediante el uso de soldadura oxiacetilénica, esta conclusión se sustenta en una prueba de hipótesis para observaciones emparejadas que determinó un nivel de significancia inferior al 5%.

Se determinó que las subvariables explicativa **Estudio del proceso y Rediseño del proceso** tienen una correlación o influencia de 98.8% y 26.30% respectivamente Sobre la variable dependiente productividad confirmándose las hipótesis del investigador.

Conocidos los principales indicadores de desempeño de proceso actual, éste se rediseñó cambiándose la técnica de unir tuberías de cobre con soldadura a un proceso de unión con conectores libres de soldadura, se adquirieron las herramientas y accesorios para una prueba piloto e implementación de la reingeniería.

Se midió el proceso para determinar el desempeño del mismo posterior a la implementación de la reingeniería. Los resultados más importantes son: Productividad: de 8.43 pzas/h-h pasa a 20.55 pzas/h-h (se incrementa en un 144%), Tiempo estándar: De 7.16 min cae a 2.92 min (se reduce en 59%), Índice de tiempo de valor añadido (TVA): De 56% pasa a 92% (crece 63%), Índice de tiempos de No valor añadido (TNVA): De 44% cae a 8% (Se reduce en 81%), Eficacia del recurso: De 95% sube a 100% (se incrementa en un 5%), eficiencia de la operación sube de 59% a 93% (se incrementa en un 58%) y Costo de mano de obra: Se reduce de 1.02 a 0.56 usd/pzas (Decrece 45%).

Finalmente, el análisis financiero realizado arroja los siguientes los resultados: El estado de resultados implementada la mejora logra un incremento de 130% del monto acumulado respecto al proceso anterior. El Valor actual Neto (VAN) es superior 0. La tasa interna de retorno es superior al WACC (Tasa de descuento del costo promedio ponderado del costo del capital) y el período de retorno de la inversión es de 7 meses.

Bibliografía

- Alvarado, V. M. (2016). *Ingeniería de costos*. México: Grupo editorial Patria.
- Anaya, J. J. (2016). *Organización de la producción industrial*. Madrid: ESIC.
- Baena, D. (2014). *Análisis Financiero, enfoque y proyecciones*. Bogotá: Ecoe ediciones. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=4870513&query=wa>
cc
- Bernhard Hitpass, H. (13/08 de Agosto de 2011). *¿Reingeniería, rediseño o mejora de procesos de negocio?* Obtenido de REVISTA GERENCIA: <http://www.emb.cl/gerencia/articulo.mvc?xid=523>
- Calderón Andrade, R., Hernandez Gress, E. S., & Montufar Benítez, M. A. (2020). *Productivity Improvement through Reengineering and Simulation: A Case Study in a Footwear-Industry*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Hidalgo, México. Recuperado el 2020, de <https://www.mdpi.com/796070>
- Carlín Jimenez, M. A., & Sanchez Chauca, J. C. (2017). *Propuesta de mejora basada en la metodología de reingeniería para el aumento de la productividad en la fabricación de piezas para cerraduras en el área de producción de la empresa grupo Forte SAC -Lima, 2017*. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad Privada del Norte, Lima.
- Centro Español de Información del cobre (CEDIC). (2015). *Instalación con tubos de cobre*. Madrid: LEAF BUSINESS HOLDINGS SPAIN, S.A.
- Cruelles, J. A. (2013). *Productividad Industrial*. Barcelona, España: Marcombo S.A.
- Escuela de Organización Industrial - EOI. (2013). *Lean Manufacturing, Conceptos, técnicas e implantación*. Madrid: EOI.
- Evans, J. R., & Lindsay, W. M. (2014). *Administración y control de la calidad*. México, México: Cengage Learning.
- Gujarati, D. N., & Porter, D. C. (2010). *Econometría* (5ta Edición ed.). México: Mc Graw Hill.
- Hernandez-Sampieri, R., & Mendoza, C. P. (2018). *Metodología de la investigación*. Ciudad de México: Mc Graw Hill.
- Jiménez Cabeza, Y. M. (2017). *Implementación de la reingeniería de procesos para reducir los costos de producción en el área productiva de la carpintería MAJICE, Ancash 2017*. Para obtener título profesional de Ingeniero Industrial, Universidad César Vallejo, Lima.
- Medianero, D. (2016). *Productividad Total, Teoría y métodos de medición*. Lima: Editorial Macro.
- Moncho Vasallo, J. (2014). *Estadística aplicada a las ciencias de la salud*. Barcelona: GEA Consultoría editorial.

- Nemiña, R. (2009). *Reingeniería*. Córdoba, Argentina: El Cid Editor. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/detail.action?docID=3183121>
- Niebel, B. W., & Freivalds, A. (2009). *Ingeniería Industrial*. México D.F: Mc Graw Hill.
- Nieto, A. (13 de Agosto de 2021). *Mundo HVAC&R*. Obtenido de <https://www.mundohvacr.com.mx/2008/03/seguridad-basica-en-soldadura-oxiacetilénica/>
- Pardo, J. M. (2017). *Gestión de procesos y riesgo operacional*. Madrid, España: AENOR Internacional, S.A.U. Obtenido de <https://ebookcentral.proquest.com/lib/upnortesp/reader.action?docID=5190227&query=reingenier%C3%Ada>
- Pérez Abad, E. R. (2019). *Aplicación de la reingeniería de procesos para mejorar la productividad en la obtención de sulfato de cobre en la Empresa Revasac, Ventanilla, 2019*. Tesis para obtener título profesional de Ingeniero industrial, Universidad César Vallejo, Lima.
- Pérez Andrés, G., Gisbert Soler , V., & Perez Bernabeu, E. (2017). Reingeniería de procesos. *3Ciencias*, 81.
- Torres Acuña, M. E. (2014). *Reingeniería de los procesos de producción artesanal de una pequeña empresa cervecera a fin de maximizar su productividad*. Tesis para optar el Título de Ingeniería Industrial, Pontífica Univesidad Católica del Perú, Lima.
- Valencia Vela, L. O. (2016). *Reingeniería de los procesos de soldadura para incrementar la productividad en al construcción de concreteras para la obra civil de la empresa SECONSTRU*. Trabajo de Titulación bajo la modalidad de Propuesta Metodológica previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial, Universidad Tecnológica Indoamérica, Ambato.

ANEXOS

Anexo n.º 1. Base de datos - Resultados de muestreo de grupos de control.

Muestra	3 Op		2 Op		Incremento				Productividad				Incremento				Eficacia				Incremento e	
	Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería		Reingeniería	
	GC1 TMO (Min)	GC2 TMO (Min)	Delta Reingeniería	Coef. Inc. Reingeniería	PGC1	PGC2	DP	coef inc. Productividad	EoperGC1	EoperGC2	Delta Eficiencia	Coef. Inc. Eficiencia	Cap. Prod GC1	TputilGC1	EficGC1	Cap. Prod GC2	TputilGC2	EficGC2	DEF	Incremento	Dtpu	Coef. Inc. Eficacia
1	2.85	2.55	-0.30	-0.11	0.12	0.20	0.08	0.68	1.41	2.63	1.22	0.86	0.18	0.11	0.59	0.30	0.25	0.82	0.23	0.39	0.14	1.30
2	3.23	2.85	-0.38	-0.12	0.10	0.18	0.07	0.70	1.60	2.94	1.34	0.84	0.21	0.12	0.59	0.34	0.28	0.82	0.23	0.39	0.16	1.27
3	2.77	2.45	-0.32	-0.11	0.12	0.20	0.08	0.69	1.37	2.53	1.16	0.84	0.18	0.11	0.59	0.29	0.24	0.82	0.23	0.39	0.13	1.28
4	3.24	2.45	-0.79	-0.24	0.10	0.20	0.10	0.98	1.60	2.53	0.92	0.58	0.21	0.12	0.59	0.29	0.24	0.82	0.23	0.39	0.12	0.95
5	3.06	2.67	-0.39	-0.13	0.11	0.19	0.08	0.72	1.52	2.75	1.23	0.81	0.20	0.12	0.59	0.32	0.26	0.82	0.23	0.39	0.14	1.24
6	4.54	2.50	-2.04	-0.45	0.07	0.20	0.13	1.72	2.25	2.58	0.33	0.15	0.29	0.17	0.59	0.30	0.24	0.82	0.23	0.39	0.07	0.42
7	3.47	2.22	-1.25	-0.36	0.10	0.23	0.13	1.35	1.72	2.29	0.57	0.33	0.22	0.13	0.59	0.26	0.22	0.82	0.23	0.39	0.09	0.64
8	2.84	2.33	-0.51	-0.18	0.12	0.21	0.10	0.83	1.41	2.41	1.00	0.71	0.18	0.11	0.59	0.28	0.23	0.82	0.23	0.39	0.12	1.11
9	3.29	2.63	-0.66	-0.20	0.10	0.19	0.09	0.87	1.63	2.72	1.09	0.67	0.21	0.13	0.59	0.31	0.26	0.82	0.23	0.39	0.13	1.06
10	2.75	2.40	-0.35	-0.13	0.12	0.21	0.09	0.72	1.36	2.48	1.11	0.82	0.18	0.10	0.59	0.29	0.23	0.82	0.23	0.39	0.13	1.25
11	3.07	2.13	-0.93	-0.30	0.11	0.23	0.13	1.16	1.52	2.20	0.68	0.45	0.20	0.12	0.59	0.25	0.21	0.82	0.23	0.39	0.09	0.79
12	3.52	2.42	-1.10	-0.31	0.09	0.21	0.11	1.18	1.74	2.49	0.75	0.43	0.23	0.13	0.59	0.29	0.24	0.82	0.23	0.39	0.10	0.77
13	3.08	2.23	-0.85	-0.28	0.11	0.22	0.12	1.07	1.53	2.30	0.78	0.51	0.20	0.12	0.59	0.27	0.22	0.82	0.23	0.39	0.10	0.86
14	3.17	2.43	-0.74	-0.23	0.11	0.21	0.10	0.96	1.57	2.51	0.94	0.60	0.21	0.12	0.59	0.29	0.24	0.82	0.23	0.39	0.12	0.97
15	3.08	2.22	-0.87	-0.28	0.11	0.23	0.12	1.09	1.53	2.29	0.76	0.50	0.20	0.12	0.59	0.26	0.22	0.82	0.23	0.39	0.10	0.85
16	3.30	2.57	-0.73	-0.22	0.10	0.19	0.09	0.93	1.64	2.65	1.01	0.62	0.21	0.13	0.59	0.31	0.25	0.82	0.23	0.39	0.13	1.00
17	3.42	2.27	-1.15	-0.34	0.10	0.22	0.12	1.26	1.69	2.34	0.64	0.38	0.22	0.13	0.59	0.27	0.22	0.82	0.23	0.39	0.09	0.71
18	4.00	2.40	-1.60	-0.40	0.08	0.21	0.13	1.50	1.98	2.48	0.49	0.25	0.26	0.15	0.59	0.29	0.23	0.82	0.23	0.39	0.08	0.54
19	2.55	2.40	-0.15	-0.06	0.13	0.21	0.08	0.59	1.26	2.48	1.21	0.96	0.16	0.10	0.59	0.29	0.23	0.82	0.23	0.39	0.14	1.42
20	2.80	2.30	-0.50	-0.18	0.12	0.22	0.10	0.83	1.39	2.37	0.98	0.71	0.18	0.11	0.59	0.27	0.23	0.82	0.23	0.39	0.12	1.11
21	3.27	2.48	-0.79	-0.24	0.10	0.20	0.10	0.98	1.62	2.56	0.94	0.58	0.21	0.12	0.59	0.30	0.24	0.82	0.23	0.39	0.12	0.95
22	3.48	2.37	-1.11	-0.32	0.10	0.21	0.12	1.21	1.73	2.44	0.72	0.41	0.23	0.13	0.59	0.28	0.23	0.82	0.23	0.39	0.10	0.75
23	3.12	2.68	-0.43	-0.14	0.11	0.19	0.08	0.74	1.54	2.77	1.22	0.79	0.20	0.12	0.59	0.32	0.26	0.82	0.23	0.39	0.14	1.21
24	3.60	2.38	-1.22	-0.34	0.09	0.21	0.12	1.26	1.78	2.46	0.67	0.38	0.23	0.14	0.59	0.28	0.23	0.82	0.23	0.39	0.10	0.70
25	3.08	2.92	-0.16	-0.05	0.11	0.17	0.06	0.58	1.53	3.01	1.48	0.97	0.20	0.12	0.59	0.35	0.29	0.82	0.23	0.39	0.17	1.44
26	2.97	2.62	-0.35	-0.12	0.11	0.19	0.08	0.70	1.47	2.70	1.23	0.83	0.19	0.11	0.59	0.31	0.26	0.82	0.23	0.39	0.14	1.27
27	3.29	2.45	-0.84	-0.26	0.10	0.20	0.10	1.02	1.63	2.53	0.89	0.55	0.21	0.13	0.59	0.29	0.24	0.82	0.23	0.39	0.11	0.91
28	2.92	2.68	-0.24	-0.08	0.11	0.19	0.07	0.63	1.45	2.77	1.32	0.91	0.19	0.11	0.59	0.32	0.26	0.82	0.23	0.39	0.15	1.36
29	4.25	2.38	-1.87	-0.44	0.08	0.21	0.13	1.68	2.11	2.46	0.35	0.17	0.28	0.16	0.59	0.28	0.23	0.82	0.23	0.39	0.07	0.44
30	4.18	2.40	-1.78	-0.43	0.08	0.21	0.13	1.61	2.07	2.48	0.40	0.19	0.27	0.16	0.59	0.29	0.23	0.82	0.23	0.39	0.08	0.47
31	2.63	2.52	-0.12	-0.04	0.13	0.20	0.07	0.57	1.30	2.60	1.29	0.99	0.17	0.10	0.59	0.30	0.25	0.82	0.23	0.39	0.15	1.46
32	3.25	2.22	-1.03	-0.32	0.10	0.23	0.12	1.20	1.61	2.29	0.68	0.42	0.21	0.12	0.59	0.26	0.22	0.82	0.23	0.39	0.09	0.75
33	2.43	2.38	-0.04	-0.02	0.14	0.21	0.07	0.53	1.20	2.46	1.26	1.04	0.16	0.09	0.59	0.28	0.23	0.82	0.23	0.39	0.14	1.53
34	3.05	2.37	-0.68	-0.22	0.11	0.21	0.10	0.93	1.51	2.44	0.93	0.61	0.20	0.12	0.59	0.28	0.23	0.82	0.23	0.39	0.12	0.99
35	3.83	2.30	-1.53	-0.40	0.09	0.22	0.13	1.50	1.90	2.37	0.48	0.25	0.25	0.15	0.59	0.27	0.23	0.82	0.23	0.39	0.08	0.55
36	3.14	2.28	-0.86	-0.27	0.11	0.22	0.11	1.07	1.56	2.36	0.80	0.51	0.20	0.12	0.59	0.27	0.22	0.82	0.23	0.39	0.10	0.87
37	4.04	2.27	-1.77	-0.44	0.08	0.22	0.14	1.67	2.00	2.34	0.34	0.17	0.26	0.15	0.59	0.27	0.22	0.82	0.23	0.39	0.07	0.44

Anexo n.º 2. Ficha de validación de instrumento Reingeniería.



FICHA PARA VALIDACION DEL INSTRUMENTO

I. REFERENCIA

- 1.1. Experto: Juan Carlos Llaque Quiroz
- 1.2. Especialidad: Administración y Negocios
- 1.3. Cargo actual: Docente Escuela de Postgrado UPN
- 1.4. Grado académico:
 - Licenciado en Administración de Empresas
 - MBA (Magister en Administración de Negocios)
 - Maestro en Dirección y Gestión del Talento Humano
- 1.5. Institución: Universidad Privada del Norte
- 1.6. Tipo de instrumento: Guía de Observación
- 1.7. Lugar y fecha: Cajamarca, 10 de enero de 2021

II. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

Nº	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado		X				
3	Adecuado para los sujetos en estudio		X				
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento		X				
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología		X				
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos		X				
	Total	2	2				
		5	0				

Coefficiente de valoración porcentual: c = 90%

III. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

Instrumento de la variable Reingeniería, validado al bachiller Benites Leyva Juan.



.....
Firma y sello del Experto

Anexo n.º 3. Ficha de validación de instrumento Productividad.

UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE

FICHA PARA VALIDACION DEL INSTRUMENTO

IV. REFERENCIA

4.1. Experto: Juan Carlos Llaque Quiroz
 4.2. Especialidad: Administración y Negocios
 4.3. Cargo actual: Docente Escuela de Postgrado UPN
 4.4. Grado académico:
 - Licenciado en Administración de Empresas
 - MBA (Magister en Administración de Negocios)
 - Maestro en Dirección y Gestión del Talento Humano
 4.5. Institución: Universidad Privada del Norte
 4.6. Tipo de instrumento: Guía de Observación
 4.7. Lugar y fecha: Cajamarca, 10 de enero de 2021

V. TABLA DE VALORACION POR EVIDENCIAS

Nº	EVIDENCIAS	VALORACION					
		5	4	3	2	1	0
1	Pertinencia de indicadores	X					
2	Formulado con lenguaje apropiado		X				
3	Adecuado para los sujetos en estudio		X				
4	Facilita la prueba de hipótesis	X					
5	Suficiencia para medir la variable	X					
6	Facilita la interpretación del instrumento		X				
7	Acorde al avance de la ciencia y tecnología		X				
8	Expresado en hechos perceptibles	X					
9	Tiene secuencia lógica	X					
10	Basado en aspectos teóricos		X				
	Total	2	2				
		5	0				

Coefficiente de valoración porcentual: c = 90%

VI. OBSERVACIONES Y/O RECOMENDACIONES

Instrumento de la variable Productividad, validado al bachiller Benites Leyva Juan.



 Firma y sello del Experto

Anexo n.º 4. Matriz de consistencia.
ESQUEMA- MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO: MATRIZ DE CONSISTENCIA				
AUTOR: JUAN BENITES LEYVA				FECHA: 15 / 11 / 2020
TÍTULO: Reingeniería y la productividad en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	METODOLOGÍA
1. Problema General:	1. Objetivo General:	1. Hipótesis General:	Variable independiente	1. Tipo de Investigación: Aplicada 2. Nivel de Investigación: Explicativa 3. Diseño de la Investigación: Pre Experimental 4. Método: Hipotético deductivo 5. Población: 127 Puntos de unión de tuberías de cobre
¿Cuánto influye la reingeniería en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?	Determinar cuánto influye la reingeniería en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020	La reingeniería influye significamente en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020	Reingeniería	
2. Problemas Específicos:	2. Objetivos Específicos:	2. Hipótesis Específicas:		
¿Cuánto influye el estudio del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?	Determinar Cuánto influye el estudio del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.	El estudio del proceso influye en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.		
¿Cuánto influye el Rediseño del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una	Determinar Cuánto influye el rediseño del proceso en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de	El rediseño del proceso influye en el incremento de la Productividad del proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.	Variable Dependiente	

<p>empresa electromecánica, Lima 2020?</p>	<p>cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020.</p>			<p>6. Muestra: 37 Puntos de union de tuberías de cobre</p>
<p>¿Cuáles son los valores de los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano de obra y resultados anteriores y posteriores a la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020?</p>	<p>Determinar cuáles son los valores de los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano de obra y resultados anteriores y posteriores a la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020</p>	<p>Los valores de los indicadores de tiempo, costo, eficiencia, eficacia, productividad de mano de obra y resultados financieros mejoran después de la implementación de la reingeniería en el proceso de unión de tuberías de cobre en una empresa electromecánica, Lima 2020</p>	<p>Productividad</p>	<p>7. Unidad de Estudio: Union de tuberías de cobre</p> <p>8. Técnica de recolección: Observación</p> <p>9. Instrumento de recolección: Guía de observación</p>

Anexo n.º 5. Actividades del proceso de instalación de tuberías de cobre
TIPO DE ACTIVIDAD

ID	COD	SUB-PROCESO	ACTIVIDADES	SEG. ACTIVIDAD	SEG. EJECUTANTE	VALOR AGREGADO (VA)
1		PROCURA	Charla de seguridad diaria	Regulares	Libre	NVA
2			Desplazamiento hacia zona de vestuarios	Regulares	Libre	NVA
3			Cambio de vestimenta	Regulares	Libre	NVA
4			Llenado y firma de ATS	Regulares	Libre	NVA
5			Desplazamiento, traslado de herramientas hacia zona de montaje	Regulares	Libre	NVA
6			Inspección de cumplimiento de seguridad ocupacional	De frecuencia	Libre	NVA
7		TRAZADO	Revisar planos	Regulares	Libre	NVA
8			Compatibilizar con otras especialidades	Regulares	Libre	NVA
9			Marcar con tiralíneas recorrido y puntos de tacos de expansión	Regulares	Con herramienta manual	NVA
10			Cambio de recorrido	Irregulares	Libre	NVA
11			Parada de trabajo por incompatibilidad de especialidades	Extrañas	Libre	NVA
12		MONTAJE DE SOPORTES	Perforación con taladro para tacos de expansión	Regulares	Con herramienta de poder	VA
13			Colocación de tacos de expansión	Regulares	Con herramienta manual	VA
14			Colocación de varillas roscadas	Regulares	Con herramienta manual	VA
15			Colocación de ángulos Unicanal	Regulares	Con herramienta manual	VA
16			Cambio de recorrido	Irregulares	Libre	NVA
17			Parada de trabajo por incompatibilidad de especialidades	Extrañas	Libre	NVA
18		MONTAJE DE TUBERÍAS	Selección de Tuberías de cobre, por diámetro	Regulares	Libre	VA
19			Corte de tuberías con cortatubo	Regulares	Con herramienta manual	VA
20			Recalibrado de extremos	Regulares	Con herramienta manual	VA
21			Limpieza mecánica de partes en contacto	Regulares	Con herramienta manual	VA
22			Comprobar medidas y puntos de unión	Regulares	Libre	NVA
23			Seleccionar manguera elastomérica	Regulares	Libre	VA

24		Insertar manguera elastomérica según diámetro del tubo	Regulares	Libre	VA
25		Cambio de recorrido	Irregulares	Libre	NVA
26		Parada de trabajo por incompatibilidad de especialidades	Extrañas	Libre	NVA
27		Montar tubería sobre soporte	Regulares	Con herramienta manual	VA
28	SOLDEO DE TUBERÍAS	Colocar uniones	Regulares	Libre	VA
29		Desplazamiento de equipo de soldadura autógena	Regulares	Con herramienta manual	NVA
30		Montar reguladores de oxígenos	Regulares	Con herramienta manual	NVA
31		Montar reguladores de acetileno	Regulares	Con herramienta manual	NVA
32		Montar reguladores de nitrógeno	Regulares	Con herramienta manual	NVA
33		Acoplar y revisar Caña de soldar	Regulares	Con herramienta manual	NVA
34		Calentar tubería	Regulares	Con herramienta manual	VA
35		Aplicar cordón de soldadura	Regulares	Con herramienta manual	VA
36		Enfriar limpiar tuberías	Regulares	Libre	VA
37		Parada por condiciones sub estándares	Extrañas	Libre	NVA
38	PRUEBAS DE PRESIÓN	Montar reguladores a balón de nitrógeno	Regulares	Con herramienta manual	NVA
39		Presurizar a 500 PSI, durante 24 horas	Regulares	Con herramienta manual	VA
40	AISLAMIENTO	Forrado de tuberías con manguera elastomérica	Regulares	Libre	VA
41		Pegar uniones con cemento de contacto	Regulares	Libre	VA

Anexo n.º 6. Formato de toma de datos - Observación del 04-12-2020 – 1-6.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	5,364.61				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	564.00				
Método: Actual/Propuesto	Espera	1,230.21				
Se realiza el método actual	Inspección (Vigía de seg)	856.01				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	67.80				
Operarios:	Tiempo (seg-hombre)	8,014.83				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 04/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observ.	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 1 traslada equipo de soldeo a punto de trabajo desde almacén provisional.	1	35.00	180.00	Traslada equipos de soldeo		
Mientras el operario 1 traslada equipo de soldeo, los operarios 2 y 3 trasladan andamio rodante a punto de soldeo		25.00	210.00		Traslado de andamio	Traslado de andamio
Operario 1, coloca reguladores de acetileno y oxígeno a balones de gases. Mientras el operario 1, coloca reguladores, el operario 2, monta reguladores de nitrógeno. El operario 3 acopla caña de soldar al sistema		1,230.00		Coloca reguladores de acetileno y oxígeno	Coloca reguladores de nitrógeno.	Acopla caña de soldar
Operario 3 y 2 suben al andamio para iniciar el proceso de soldeo, operario 3 hace vigía de seguridad		1.80	65.00	Vigía de seguridad	Traslado	Traslado
Operario 3, calienta tubería previa a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		32.00		Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		93.55		Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería

Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			45.60	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previa a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	2		30.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			108.65	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			55.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previa a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	3		37.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			70.96	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			58.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	4		37.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			97.11	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, Operario 1 traslada equipo de soldo a otro punto de trabajo desde punto de trabajo anterior		3.00	60.00	Se traslada	Enfría tubería	Se traslada
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	5		45.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			81.46	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			57.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	6		66.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			157.28	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, Operario 1 traslada equipo de soldo a otro punto de trabajo desde punto de trabajo anterior		3.00	49.00	Se traslada	Enfría tubería	Se traslada
Tiempo de valor añadido (seg)				2,440.01	1,874.60	2,470.01

Tiempo de espera (seg)	158.60	856.01	215.6
	2,865.61	2,865.61	

Anexo N.º 7. Formato de toma de datos - Observación del 04-12-2020 – 7-13

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propues ta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	1,318.75				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	57.00				
Método: Actual/Propuesto	Espera	1,656.75				
Se realiza el método actual	Inspección (Vigía de seg)	923.75				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	3.50				
Operarios:	Tiempo (min-hombre)	3,956.25				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 04/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observación	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	7		42.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			191.61	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			58.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	8		45.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			60.41	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			65.00	Espera	Enfría tubería	Espera

Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	9		48.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			84.36	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			65.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	10		45.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			62.70	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, Operario 1 traslada equipo de soldeo a otro punto de trabajo desde punto de trabajo anterior		3.50	57.00	Se traslada	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	11		64.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			45.87	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			45.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	12		64.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			45.87	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			45.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	13		62.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			62.93	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			60.00	Espera	Enfría tubería	Espera

Tiempo de valor añadido (seg)	980.75	395.00	923.75
Tiempo de espera (seg)	338.00	923.75	395.00

Anexo N.º 8. Formato de toma de datos - Observación del 04-12-2020 – 14-18

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propues ta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	1,458.53				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	59.00				
Método: Actual/Propuesto	Espera	644.87				
Se realiza el método actual	Inspección (Vigía de seg)	634.20				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	3.50				
Operarios:	Tiempo (seg/hombre)	2,796.60				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 04/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observación	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	14		59.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			69.36	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			62.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	15		55.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			39.97	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			60.00	Espera	Enfría tubería	Espera

Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	16		49.00	Vigía de seguridad	Espera	Calient a tubería	
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			36.90	Vigía de seguridad	Espera	Calient a tubería	
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			59.00	Se traslada	Enfría tubería	Se traslad a	
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	17		54.00	Vigía de seguridad	Espera	Calient a tubería	
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			26.47	Vigía de seguridad	Espera	Calient a tubería	
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			58.00	Espera	Enfría tubería	Espera	
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	18		55.00	Vigía de seguridad	Espera	Calient a tubería	
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			189.50	Vigía de seguridad	Espera	Calient a tubería	
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, Operario 1 traslada equipo de soldeo a otro punto de trabajo desde punto de trabajo anterior		3.50	59.00	Se traslada	Enfría tubería	Se traslad a	
				Tiempo de valor añadido (seg)	815.20	521.33	815.20
				Tiempo de espera (seg)	117.00	410.87	117.00

Anexo n.º 9. Formato de toma de datos - Observación del 06-12-2020 – 18-22.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	5,489.97				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	685.00				
Método: Actual/Propuesto	Espera	800.97				
Se realiza el método actual	Inspección	563.97				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	101.80				
Operarios:	Tiempo (min-hombre)	7539.91				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 06/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observación	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 1 traslada equipo de soldeo a punto de trabajo desde almacén provisional.	19	45.00	205.00	Traslada equipos de soldeo		
Mientras el operario 1 traslada equipo de soldeo, los operarios 2 y 3 trasladan andamio rodante a punto de soldeo		20.00	225.00		Traslado de andamio	Traslado de andamio
Operario 1, coloca reguladores de acetileno y oxígeno a balones de gases. Mientras el operario 1, coloca reguladores, el operario 2, monta reguladores de nitrógeno. El operario 3 acopla caña de soldar al sistema		1,380.00		Coloca reguladores de acetileno y oxígeno	Coloca reguladores de nitrógeno.	Acopla caña de soldar
Operario 3 y 2 suben al andamio para iniciar el proceso de soldeo, operario 3 hace vigía de seguridad		1.80	45.00	Vigía de seguridad	Traslado	Traslado

Anexo n.º 10. Formato de toma de datos - Observación del 07-12-2020 – 22-27.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	4,507.48				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	542.00				
Método: Actual/Propuesto	Espera	885.48				
Se realiza el método actual	Inspección	561.48				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	80.30				
Operarios:	Tiempo (min-hombre)	6496.44				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 07/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observación	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 1 traslada equipo de soldeo a punto de trabajo desde almacén provisional.	23	40.00	220.00	Traslada equipos de soldeo		
Mientras el operario 1 traslada equipo de soldeo, los operarios 2 y 3 trasladan andamio rodante a punto de soldeo		35.00	220.00		Traslado de andamio	Traslado de andamio
Operario 1, coloca reguladores de acetileno y oxígeno a balones de gases. Mientras el operario 1, coloca reguladores, el operario 2, monta reguladores de nitrógeno. El operario 3 acopla caña de soldar al sistema		1,140.00		Coloca reguladores de acetileno y oxígeno	Coloca reguladores de nitrógeno.	Acopla caña de soldar
Operario 3 y 2 suben al andamio para iniciar el proceso de soldeo, operario 3 hace vigía de seguridad		1.80	40.00	Vigía de seguridad	Traslado	Traslado

Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			55.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			66.92	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			65.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	24		58.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			95.91	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			62.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	25		48.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			81.56	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			55.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	26		55.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			61.09	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, Operario 1 traslada equipo de soldeo a otro punto de trabajo desde punto de trabajo anterior		3.50	62.00	Se traslada	Enfría tubería	Se traslada
Tiempo de valor añadido (min)						
			1,983.48	1,644.00		1,983.48
Tiempo de espera (min)			182.00	521.48		182.00

Anexo n.º 11. Formato de toma de datos - Observación del 07-12-2020 – 27-31.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	1,161.25				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	-				
Método: Actual/Propuesto	Espera	1,395.25				
Se realiza el método actual	Inspección (Vigía de seg)	927.25				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	-				
Operarios:	Tiempo (min-hombre)	3,483.75				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 07/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observación	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	27		70.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			82.60	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			45.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	28		72.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería

Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		58.44	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.		45.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	29	80.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		126.08	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.		49.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	30	75.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		250.21	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.		50.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	31	68.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		44.92	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.		45.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Tiempo de valor añadido (min)			927.25	234.00	927.25
Tiempo de espera (min)			234.00	927.25	234.00

Anexo n.º 12. Formato de toma de datos - Observación del 07-12-2020 – 32-37.

F2: FORMATO PARA TOMA DE DATOS - VARIOS INTERVINIENTES						
Datos de la tarea	RESUMEN					
Diagrama: Revisión inicial	Actividad	Actual	Propuesta	Ahorro		
Producto: Montaje de tuberías para AC	Operación	880.06				
Trabajo: Soldadura de uniones de tubería de cobre	Transporte	210.00				
Método: Actual/Propuesto	Espera	559.06				
Se realiza el método actual	Inspección	361.06				
Lugar:	Almacenamiento					
Rest. Remanso - Salón principal	Distancia (metros)	35.00				
Operarios:	Tiempo (min-hombre)	2,010.18				
Piero Pinedo, Fredy y Kevin Valdivia	Coste					
Compuesto por:	Mano de obra					
Fernando Perales	Material					
Aprobado por	Total					
Ing. Juan Benites	Fecha de la observación: 07/12/2020					
Observaciones de la operación	Nº Observación	Distancia (metros)	Tiempo (segundos)	Operario 1	Operario 2	Operario 3
Operario 3, calienta tubería previa a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	32		86.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad			100.18	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.			49.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previo a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	33		48.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería

Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		47.53	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, mientras que el resto de operarios esperan.		50.00	Espera	Enfría tubería	Espera
Operario 3, calienta tubería previa a aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad	34	45.00	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 3, aplicar cordón de soldadura de plata, operario 2: espera y el operario 1 hace labores de vigía de seguridad		34.35	Vigía de seguridad	Espera	Calienta tubería
Operario 2, enfría la tubería con trapo húmedo, Operario 1 traslada equipo de soldeo a almacén provisional.		35.00	210.00	Se traslada	Enfría tubería
Tiempo de valor añadido (min)			571.06	309.00	571.06
Tiempo de espera (min)			99.00	361.06	99.00

Anexo n.º 13. Tabla de distribución t.

Tabla A3.3 Puntos porcentuales de la distribución t

n	Probabilidad P												
	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4	0.3	0.2	0.1	0.05	0.02	0.01	0.001
1	0.158	0.325	0.510	0.727	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657	636.619
2	0.142	0.289	0.445	0.617	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925	31.598
3	0.137	0.277	0.424	0.584	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841	12.941
4	0.134	0.271	0.414	0.569	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604	8.610
5	0.132	0.267	0.408	0.559	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032	6.859
6	0.131	0.265	0.404	0.553	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707	5.959
7	0.130	0.263	0.402	0.549	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499	5.405
8	0.130	0.262	0.399	0.546	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355	5.041
9	0.129	0.261	0.398	0.543	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250	4.781
10	0.129	0.260	0.397	0.542	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169	4.587
11	0.129	0.260	0.396	0.540	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106	4.437
12	0.128	0.259	0.395	0.539	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055	4.318
13	0.128	0.259	0.394	0.538	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012	4.221
14	0.128	0.258	0.393	0.537	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977	4.140
15	0.128	0.258	0.393	0.536	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947	4.073
16	0.128	0.258	0.392	0.535	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921	4.015
17	0.128	0.257	0.392	0.534	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898	3.965
18	0.127	0.257	0.392	0.534	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878	3.922
19	0.127	0.257	0.391	0.533	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861	3.883
20	0.127	0.257	0.391	0.533	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845	3.850
21	0.127	0.257	0.391	0.532	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831	3.819
22	0.127	0.256	0.390	0.532	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819	3.792
23	0.127	0.256	0.390	0.532	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807	3.767
24	0.127	0.256	0.390	0.531	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797	3.745
25	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787	3.725
26	0.127	0.256	0.390	0.531	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779	3.707
27	0.127	0.256	0.389	0.531	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771	3.690
28	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763	3.674
29	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756	3.659
30	0.127	0.256	0.389	0.530	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750	3.646
40	0.126	0.255	0.388	0.529	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704	3.551
60	0.126	0.254	0.387	0.527	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660	3.460
120	0.126	0.254	0.386	0.526	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617	3.373
∞	0.126	0.253	0.385	0.524	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576	3.291

Fuente: Reproducido de la tabla III de R. A. Fisher y F. Yates, *Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research* (Edinburgo: Oliver & Boyd, Ltd.), con permiso de los autores y editores.

Nota: Las probabilidades se refieren a la suma de las dos áreas de cola; en el caso de una sola cola, divida la probabilidad entre 2.

Anexo n.º 14. Observaciones grupo de control 1.

Id	Observaciones	CT	Soldar	ES	TC
1	1	0.53	1.56	0.76	2.85
2	2	0.50	1.81	0.92	3.23
3	3	0.62	1.18	0.97	2.77
4	4	0.62	1.62	1.00	3.24
5	5	0.75	1.36	0.95	3.06
6	6	1.10	2.62	0.82	4.54
7	7	0.70	1.80	0.97	3.47
8	8	0.75	1.01	1.08	2.84
9	9	0.80	1.41	1.08	3.29
10	10	0.75	1.05	0.95	2.75
11	11	1.07	1.25	0.75	3.07
12	12	1.07	1.70	0.75	3.52
13	13	1.03	1.05	1.00	3.08
14	14	0.98	1.16	1.03	3.17
15	15	0.92	1.17	1.00	3.08
16	16	0.82	1.50	0.98	3.30
17	17	0.90	1.55	0.97	3.42
18	18	0.92	2.10	0.98	4.00
19	19	0.75	1.00	0.80	2.55
20	20	0.75	1.25	0.80	2.80
21	21	0.70	1.82	0.75	3.27
22	22	0.75	2.15	0.58	3.48
23	23	0.92	1.12	1.08	3.12
24	24	0.97	1.60	1.03	3.60
25	25	0.80	1.36	0.92	3.08
26	26	0.92	1.02	1.03	2.97
27	27	1.17	1.38	0.75	3.29
28	28	1.20	0.97	0.75	2.92
29	29	1.33	2.10	0.82	4.25
30	30	1.25	2.10	0.83	4.18
31	31	1.13	0.75	0.75	2.63
32	32	1.43	1.25	0.57	3.25
33	33	0.80	0.79	0.83	2.43
34	34	0.75	1.55	0.75	3.05
35	35	0.74	2.29	0.80	3.83
36	36	0.80	1.59	0.75	3.14
37	37	0.85	2.40	0.79	4.04