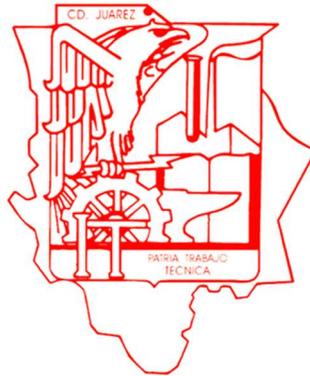


TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE CIUDAD JUÁREZ
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN



EVALUACIÓN DE COSTOS DE ESTIMACIÓN DE MANO DE OBRA ENTRE LAS ETAPAS DE COTIZACIÓN Y MANUFACTURA EN UNA EMPRESA ENSAMBLADORA DE ARNESES

TESIS
QUE PRESENTA:

LORENA JANETH MÉNDEZ MELÉNDEZ

COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA

CD. JUÁREZ, CHIH.

JUNIO, 2022



Ciudad Juárez, Chihuahua, **13/junio/2022**

Oficio N°: DEPI/034/2022

Asunto: Autorización de Impresión de Tesis

**C. LORENA JANETH MÉNDEZ MELÉNDEZ
CANDIDATO(A) AL GRADO DE MAESTRO(A) EN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA ADMINISTRATIVA
P R E S E N T E.**

Por este conducto, tengo el agrado de comunicarle que el Comité Tutorial asignado a su trabajo de tesis titulado **"EVALUACIÓN DE COSTOS DE ESTIMACIÓN DE MANO DE OBRA ENTRE LAS ETAPAS DE COTIZACIÓN Y MANUFACTURA EN UNA EMPRESA ENSAMBLADORA DE ARNESES"** ha informado a esta División de Estudios de Posgrado e Investigación, que está de acuerdo con el trabajo presentado. Por lo anterior se le autoriza se proceda con la **IMPRESIÓN DEFINITIVA DE SU TRABAJO DE TESIS.**

Esperando que el logro del mismo sea acorde con sus aspiraciones profesionales, reciba un cordial saludo.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica

**EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

C.c.p. Departamento de Servicios Escolares
División de Estudios Profesionales



TEC. DE
CIJUÁREZ
ERP OJIMSP





**EDUARDO RAFAEL POBLANO OJINAGA
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS
DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
P R E S E N T E.**

Por medio de la presente se hace constar que la tesis determinada "**EVALUACIÓN DE COSTOS DE ESTIMACIÓN DE MANO DE OBRA ENTRE LAS ETAPAS DE COTIZACIÓN Y MANUFACTURA EN UNA EMPRESA ENSAMBLADORA DE ARNESES**" presentado por el(la) alumno(a) **C. LORENA JANETH MÉNDEZ MELÉNDEZ** con número de control **M20112736**, para obtener el grado de Maestro(a) en el programa de Maestría en Ingeniería Administrativa, ha sido revisada y aprobada en su forma y contenido por los suscritos, por lo que no existe ningún inconveniente para la impresión de la misma.

Se extiende la presente, constancia a petición de él(la) interesado(a) y para los fines legales que a él(ella) convengan, en Ciudad Juárez, Chihuahua, a los trece días del mes de junio del año dos mil veintidós.

ATENTAMENTE

"Excelencia en Educación Tecnológica"

**DIEGO ADIEL SANDOVAL CHÁVEZ
DIRECTOR**

**LUZ ELENA TARANGO HERNÁNDEZ
CO-DIRECTORA**

**LUZ ELENA TERRAZAS MATA
REVISORA**

**LIZETTE ALVARADO TARANGO
REVISORA**

C.c.p. Alumno(a)



TEC. DE JUÁREZ
Fortaleciendo el futuro,
transformando vidas.



CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En Ciudad, Juárez, Chihuahua, México, siendo el día 24 de junio del año 2022, el que suscribe, Ing. Lorena Janeth Méndez Meléndez, alumna del Programa de la Maestría en Ingeniería Administrativa, con número de control M20112736, adscrita a la División de Estudios de Posgrado e Investigación, manifiesta que es el autor intelectual del presente trabajo de Tesis bajo la dirección del Dr. Diego Adiel Sandoval Chávez y cede los derechos del trabajo titulado "Evaluación de Costos de Estimación de Mano de Obra Entre las Etapas de Cotización y Manufactura en una Empresa Ensambladora de Arnese", al Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el consentimiento expreso del autor y/o director del trabajo. Este puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: janeth.mendezm@gmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Atentamente

Lorena Méndez

Ing. Lorena Janeth Méndez Meléndez

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme sabiduría y permitirme culminar este trabajo.

A mi esposo Germán, por ser mi compañero e inspiración de vida.

A mi familia, por siempre acompañarme y apoyarme a lo largo de mi vida.

A Flextronics, por darme la oportunidad de estudiar esta maestría.

Al Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez, por el apoyo recibido durante mis estudios.

Al Dr. Diego Adiel Sandoval, por ser mi guía y motivarme a culminar este proyecto.

DEDICATORIA

A mi esposo Germán,

a mi hija Vanessa,

y a mis padres.

Por todo el amor y motivación que me brindaron.

RESUMEN

La industria arnesera representa un papel muy importante en el ramo automotriz, dentro de la empresa ABC ubicada al norte de Ciudad Juárez Chihuahua, la cotización de la mano de obra de los nuevos proyectos de manufactura es un factor decisivo para la competitividad entre las organizaciones del sector.

Debido a la constante amenaza de nuevos competidores se analizaron algunos nuevos proyectos, donde se observó que existen diferencias entre el cálculo de mano de obra de las cotizaciones documentadas contra las cotizaciones estándares. Por ello se seleccionaron operaciones del proceso de ensamble del arnés y se procedió a realizar un estudio de tiempos. La información se analizó estadísticamente y se determinó si las operaciones presentan diferencias en relación con lo cotizado.

Los resultados mostraron que las estimaciones de costo de mano de obra, basadas en datos históricos difieren significativamente en relación con los datos que proporcionaron los estudios de tiempo, lo que permitió establecer avenidas de gestión. Se presentan las conclusiones derivadas del estudio, así como las recomendaciones para trabajos futuros.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	v
DEDICATORIA	vi
RESUMEN	vii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
2.1 Antecedentes	3
2.2 Descripción del Problema	9
2.3 Pregunta de Investigación.....	9
2.4 Hipótesis	10
2.5 Objetivo	10
2.6 Justificación.....	10
2.6.1 Supuestos	11
2.7 Delimitaciones	11
3. MARCO TEÓRICO	12
3.1 Diseño del Trabajo	12
3.1.1 Tiempo Estándar y Costeo de Productos.....	13
3.1.2 Elementos del Tiempo Estándar	15
3.1.2.1. Cálculo del Tiempo Estándar.....	16
3.1.2.2. Consideración en el Cálculo	17
3.1.2.3. Tiempo Estándar para Personal Indirecto, Otras Categorías ...	19
3.1.3 Costo Directo	21
3.1.3.1. Materiales	21
3.1.3.2. Mano de Obra.....	22
3.1.3.3. Costos Indirectos de Manufactura	22
3.1.4 Técnicas de Costeo de Mano de Obra.....	22
3.1.4.1. Tiempo Estándar	23
3.1.4.2. Eficiencia	24

3.1.4.3. Tiempo Muerto.....	25
3.1.4.4. Tiempo de Ciclo.....	26
3.2 Técnicas de Evaluación de la Efectividad del Tiempo Estándar	27
3.3 Evaluación del Costeo de Mano de Obra.....	28
3.4 Marco Referencial	31
4. MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
4.1 Materiales.....	35
4.2 Métodos	36
4.2.1 Tipo de Investigación	36
4.2.2 Fases de la Investigación.....	37
4.2.2.1. Primera Fase: Planteamiento del Problema y Formulación de Hipótesis.....	38
4.2.2.2. Segunda Fase: Medición	39
4.2.2.3. Tercera Fase: Tratamiento de los Datos	40
4.2.2.4. Cuarta Fase: Análisis de Resultados	41
4.2.2.5. Quinta Fase: Conclusiones y Recomendaciones	41
4.3 Hipótesis Estadística	41
4.4 Recolección y Tratamiento.....	42
4.4.1 Recolección	42
4.4.2 Tratamiento.....	43
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	45
5.1 Operaciones sin diferencias en relación con lo cotizado.....	46
5.2 Operaciones que se están sobre cotizando	47
5.3 Operaciones que se están subcotizando	48
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	50
6.1 Conclusiones.....	50
6.2 Recomendaciones.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	57
ANEXO #1.....	61

LISTA DE TABLAS

Tabla 2.1 Historial de Algunos Nuevos Negocios Cotizados 2019-2022.....	6
Tabla 3.1 Resultado de Tiempo Estándar de Ciclo y MOST	33
Tabla 4.1 Materiales Utilizados Durante la Investigación	35
Tabla 4. 2 Fases del Proyecto de Investigación	38
Tabla 4.3 Operaciones de Centro de Costos 7	40
Tabla 5.1 Análisis del Tiempo Estándar de Cotizaciones en Relación con su Tiempo Estándar Documentado	45
Tabla 6.1 Operaciones que se Están Subrecotizando.....	52
Tabla 6.2 Operaciones que se Están Subcotizando.....	52
Tabla 6.3 Avenidas de Gestión Derivadas del Estudio.....	54

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Mano de Obra Directa Documentada Contra Estándar	7
Figura 3.1 Suplementos del Cálculo del Tiempo Estándar	17
Figura 3.2 Uso de Mtm Durante el Proceso de Creación de un Producto	30
Figura 3.3 Diagrama de Proceso de Fabricación del UAV Gavilán III	34
Figura 4.1 Formato de Toma de Tiempos	43

1. INTRODUCCIÓN

Una de las industrias que constituyen un papel fundamental en el desarrollo de nuevos productos es la industria arnesera, ya que al ser el arnés el sistema nervioso del automóvil contiene altos volúmenes de fabricación y ensamble, así como variantes en sus procesos.

Como en cada una de las empresas, en la industria arnesera surgen diferentes variaciones al momento de cotizar un nuevo proyecto, lo que puede ocasionar pérdidas monetarias debido a que el costo total del equipo, las herramientas y mano de obra dependen de la relación con el análisis del *Bill of Materials* (BOM, por sus siglas en inglés) y con los planos de fabricación del cliente.

El presente trabajo tiene como principal objetivo identificar cómo difieren las cotizaciones documentadas contra las cotizaciones estándares y por medio de un estudio de tiempos determinar si existen diferencias.

La importancia de estudiar este tema radica en que actualmente no se cuenta con un estudio que lo aborde y permita definir adecuadamente la cantidad de personal operativo para las líneas de manufactura.

El proyecto se compone en primera instancia de los antecedentes, los cuales sustentan el problema; enseguida se define la situación problemática que se pretende resolver junto con la pregunta de investigación e hipótesis. Se plantea el objetivo, se redacta una justificación y se definen las delimitaciones que implica el alcance de esta investigación.

En capítulo 3 se muestra el marco teórico referente a la investigación, donde se abordan los conceptos más importantes en relación con el diseño del trabajo, el tiempo estándar, así como las técnicas que existen para evaluar el tiempo y costeo de mano de obra, finalmente casos de estudio referenciales que fueron aplicados en diversas empresas.

En el capítulo 4 se describen los materiales empleados durante el desarrollo de esta investigación, a su vez, las fases realizadas durante el periodo de estudio y el medio seleccionado para la recolección de datos y el tipo de tratamiento a realizar.

Dentro del capítulo 5 se muestran los resultados del estudio, así como una discusión según el resultado obtenido con base en el análisis estadístico de los tiempos estándares en relación con los documentados.

Por último, en el capítulo 6 se concluye en relación con los resultados obtenidos dentro de la investigación. Asimismo, se brindan algunas recomendaciones para la empresa con el fin de continuar mejorando el proceso de cotizaciones y los demás departamentos relacionados a las líneas de manufactura.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Este capítulo brinda un panorama de la realidad que se vive en una empresa arnesera en el tema de las cotizaciones de nuevos proyectos, así como de los diferentes factores que se encuentran involucrados.

2.1 Antecedentes

El desarrollo de productos en la industria de manufactura brinda a la población en general satisfacción y comodidad que eleva la calidad de vida. Uno de los productos más utilizados hoy en día son los vehículos automotores, los cuales permiten transportar personas día a día, ya sea por necesidad o comodidad.

La industria arnesera juega un rol decisivo para el desarrollo e innovación de los vehículos en los nuevos modelos, ya que al ser el arnés el sistema nervioso del automóvil, es fundamental que su estructura esté bien diseñada y elaborada (Miker, 2010). Estos productos hacen posible agregar diferentes funciones y adaptar nuevas tecnologías al vehículo. La industria arnesera se caracteriza por su proceso manual, altamente intensivo y por el uso de maquinaria. Los arneses son ensambles de múltiples conductores electrónicos aislados que se montan en terminales, conectores, enchufes y otros productos cableados (Reyes et al., 2011). Al igual que la tecnología avanza aceleradamente a lo largo de los años, los

procesos de manufactura necesitan adecuarse a las nuevas necesidades que la empresa y los diferentes clientes demandan.

La empresa manufacturera ABC ubicada en Ciudad Juárez, es una de las principales empresas dedicadas a la elaboración de arneses, la cual cuenta con diversos clientes importantes. Del año 2020 a la actualidad se han cotizado 52 nuevos proyectos de negocios y 819 cambios de ingeniería. Esta empresa cuenta con dos plantas, en las cuales se distribuyen los diferentes programas, allí se elaboran arneses de baterías, transmisiones, puertas, asientos, alarmas, entre otros.

A pesar de lo simple de su apariencia, un arnés requiere de diseño de línea bien elaborado, en el que sea posible detectar cualquier tipo de falla mediante un manejo correcto y una minuciosa verificación de los materiales. Ya que los arneses sufren cambios constantes de diseño, las estaciones de trabajo deben ser flexibles, para que los cambios de modelo se presenten sin ocasionar grandes problemas a la empresa, tales como retardos o defectos en los productos.

Todo número de parte se define y caracteriza por los componentes que lo forman. Con base en lo que mencionan Chatras et al. (2015), un BOM necesita ser diseñado para cada número de parte final; ahí se detallan todos los elementos o componentes necesarios para obtener un producto final, con las características previamente definidas. Mediante este listado de materiales, es posible definir los procesos de manufactura requeridos

para fabricar un arnés, el cual puede variar según el calibre de los circuitos, conectores, terminales, retenedores, entre otros.

Cada actividad que conforma el arnés deberá contar con un tiempo determinado de manufactura, a esto se le llama tiempo estándar. Un estándar es una serie de recomendaciones a seguir para la entrega de un producto, y un tiempo estándar, según Colina Morles et al. (2020), se define como el tiempo requerido para que en una estación de trabajo, un operario calificado y capacitado, trabajando a ritmo o velocidad normal, elabore un producto específico.

La técnica de tiempos predeterminados permite predecir los tiempos de trabajo ya sean nuevos o existentes, esto por medio de movimientos fundamentales y otros por estudio de tiempos con cronometro. Se llaman así porque son usados para predecir los tiempos estándar de nuevos trabajos. Por medio de MOST (Técnica Maynard de Operaciones en Secuencia) es posible realizar este cálculo, según Niebel y Freivalds (2014), ya que se considera el factor de persona y máquina.

Para ello se diseñó en la planta, en el área de cotizaciones, un documento o plantilla, el cual contiene todos los procesos con el tiempo estándar correspondiente que puede tener un arnés. Este se calcula con tiempos históricos y las áreas son: corte, procesos, ensamble y pruebas eléctricas/detección. Finalmente, se obtiene la cantidad de maquinaria,

herramientas, líneas de producción y cantidad de tableros de construcción, dimensiones y de prueba eléctrica.

En la tabla 2.1 se pueden apreciar ejemplos de proyectos cotizados en los últimos años que tuvieron alto volumen anual y el personal directo e indirecto que resultó con base en el tiempo estándar del arnés.

Tabla 2.1 Historial de Algunos Nuevos Negocios Cotizados 2019-2022

Cambio Requerido	Volumen	Cliente	Producto	Personal Directo	Personal Indirecto
CR011314	4,543,000	FCA	Door, Seat	747	133
AUTCR001639	3,625,930	Stellantis	Jumper	85	9
AUTCR002505	2,090,000	GMC	Transmission	539	54
CR010525	1,866,600	FCA	Battery	185	21
CR011338	1,500,000	FCA	Jumper	158	16
CR011300B	1,352,000	FCA	Jumper	62	7
CR011300	1,105,000	FCA	Jumper/Door/Body	200	22
CR011422	879,000	FORD	Transmission	115	12
CR011278	680,000	FCA	Door	183	19
CR011315	672,094	FCA	Battery	147	15
CR010767	616,580	FCA	Engine	594	60
AUTCR001984	315,000	Stellantis	Jumper	30	4
CR010911	296,400	FORD	Battery	99	14
CR011339	283,237	FCA	Jumper	44	5
CR011308	277,457	SUMITOMO	Battery	11	2
CR011302	255,000	FCA	Engine/Under body	268	27
CR011360	146,556	Stellantis	Battery/Connector	44	5
AUTCR002296	95,000	Stellantis	Jumper	4	1

Fuente: Elaboración propia.

Las estaciones de trabajo se diseñan y configuran mediante la utilización de la máquina, el costo de la inversión, el consumo de recursos energéticos, la disponibilidad y el volumen de la producción anual (Michalos et al., 2015). En conjunto los planos y BOM, se analizan para capturarse en el formato de cotización y se calcula el tiempo total de producción de un

arnés. De esta manera, se compite con otras empresas arneseras. Si el tiempo estándar de fabricación no se determina de forma correcta, el resultado final del equipo y *tooling* serán incorrectos y podría ocasionar pérdidas monetarias a la empresa.

El tiempo de manufactura afecta directamente el cálculo de personal de mano de obra directa (Arias et al., 2010), es el pago que recibe el trabajador por la manipulación de la materia prima de forma manual o automática (por medio de maquinaria), transformándolo en un producto terminado. Al sumar el personal, el costo de materia prima y todos los costos adicionales causados por los procesos de manufactura, conforman el costo de producción o del producto. Por ello la mano de obra directa es considerada en cualquier planta, como uno de los más valiosos de la cadena de fabricación.

En la figura 2.1 se observa la diferencia de personal directo cotizado contra lo estándar de proyectos ganados en los últimos tres años.

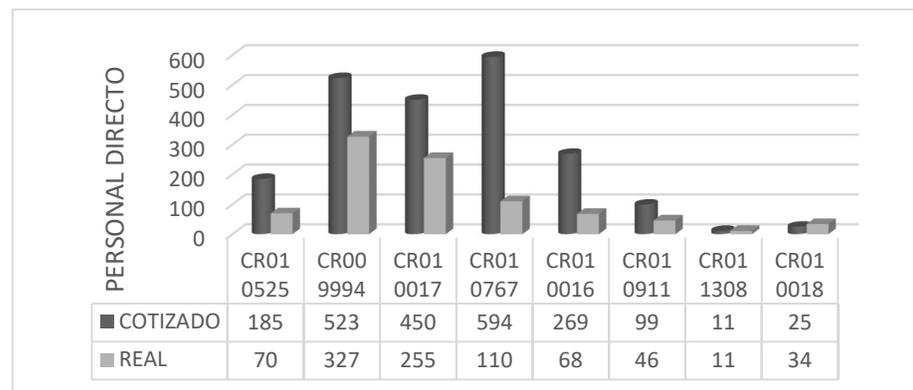


Figura 2.1 Mano de Obra Directa Documentada Contra Estándar

Cuando la organización resulta favorecida con un nuevo contrato, inicia la etapa de planeación, diseño y desarrollo de la línea de manufactura, al mismo tiempo, el personal de Recursos Humanos se encarga de la contratación de la mano de obra directa.

En las últimas cotizaciones de nuevos negocios se han logrado detectar inconsistencias en los tiempos de dicho documento, en consecuencia se han ido modificando con el fin de obtener el mejor resultado esperado por el bien de la compañía, así como también se ha demostrado que algunos tiempos estándares ya no resultan ser pertinentes debido a que existen nuevos diseños de manufactura, lo que implica adaptarse a nuevos procesos, y a su vez, buscar maquinaria más sofisticada causando un efecto directo en los tiempos estándares ya existentes.

Uno de los problemas con más ocurrencia en esta planta es el cálculo de la mano de obra, el cual ha llevado a discrepancias entre los departamentos. Por una parte, se encuentran los integrantes del área de producción, quienes frecuentemente comentan que la cotización no fue realizada correctamente y por ello el cálculo de las estaciones de trabajo no están acorde con el personal operativo con el que cuentan; por otro lado, el personal del Departamento de Cotizaciones, por medio de información obtenida por el plano, BOM el tiempo estándar y la consideración de eficiencia, que afirman que lo cotizado es lo que en realidad se requiere. El cálculo incorrecto puede afectar el porcentaje de ganancia por tiempos

mueritos o contratación de personal adicional. Existen dos opciones en los planos de arneses, una de ellas solo lectura y la otra, diseñada en planta, permite realizar búsquedas y adecuar información requerida por planta.

Por ello surgió la necesidad de realizar un estudio en el cual se pudieran verificar los tiempos estándar, mismos que sirven de base para que la cotización se apegue a la realidad, donde se consideren los diversos factores que afectan la eficiencia del operario, de forma que permitan seguir en competencia con las mejores empresas arneseras.

2.2 Descripción del Problema

En la fase de planeación de nuevos proyectos se calcula el tiempo estándar requerido, sin embargo, en el momento de llevar el proyecto a la ejecución, se observa cómo difieren los tiempos estándares cotizados contra los estándares. Varias pueden ser las causas de estas diferencias que están impactando en el desempeño de la empresa, para ello es necesario realizar un análisis de las operaciones que mayormente aplican dentro de la manufactura de arneses de la empresa.

2.3 Pregunta de Investigación

¿Cómo difieren los tiempos estándares de las operaciones cotizadas en nuevos proyectos en relación con los tiempos estándares documentados?

2.4 Hipótesis

Existen diferencias en los tiempos estándares de las operaciones cotizadas en nuevos proyectos en relación con los tiempos estándares documentados.

2.5 Objetivo

Conocer en qué medida los tiempos estándar documentados utilizados para cotizar la mano de obra directa de los nuevos negocios difieren de los tiempos estándar.

2.6 Justificación

Este proyecto fue necesario para reducir el impacto económico en la planta que surge mediante las cotizaciones de nuevos negocios y con ello establecer la cantidad correcta de personal operativo para las líneas de manufactura. Por medio de toma de tiempos, se validaron las operaciones seleccionadas y se definió si los tiempos estándares cotizados son diferentes a los estándares. Este análisis permitirá a los departamentos de Recursos Humanos y operaciones contar con el personal adecuado para el funcionamiento de las líneas. No se cuenta con un estudio de este tipo que permita encontrar si existen diferencias entre los tiempos estándares contra los cotizados.

2.6.1 Supuestos

La cantidad de componentes que se cotizan corresponden a los reales requeridos en el plano de fabricación del arnés.

El cálculo de personal directo es el adecuado para la línea de manufactura.

2.7 Delimitaciones

El proyecto de análisis de tiempos se llevó a cabo durante seis meses enfocado en el área de ensamble. Se seleccionaron operaciones del centro de costos 7 y mediante el uso de cronómetro se realizaron los estudios correspondientes para cada operación, debido a que son aquellas que con mayor frecuencia se repiten en los procesos de ensamble en la compañía.

3. MARCO TEÓRICO

Este capítulo hace referencia a los diferentes conceptos relacionados con la investigación: diseño del trabajo, técnicas de evaluación de la efectividad del tiempo estándar y evaluación del costeo de mano de obra. Al final, se revisan trabajos similares realizados recientemente.

3.1 Diseño del Trabajo

Para el desarrollo de cualquier producto en el mercado se definen métodos especializados que permiten producir en masa y de forma más segura, por ello es fundamental seguir los lineamientos del diseño del trabajo que según Niebel y Freivalds (2014), está definido como un diseño del proceso que permite adecuar una tarea y su estación de trabajo a un operador con base en los principios de la ergonomía.

Meyers (2000) menciona, que el diseño de la estación de trabajo estará definido por el producto que se fabricará, buscando la forma más económica posible de entrar en producción mediante máquinas, equipo y estaciones de trabajo más sencillas. Para que el diseño se considere completo, se requieren diversos aspectos, principalmente una mesa de trabajo, los materiales de entrada y los de salida, el espacio y acceso del personal operativo al equipo, definir el área de desperdicios y rechazos, establecer dispositivos y herramientas, finalmente definir la escala del dibujo. Una vez diseñada la estación, es posible efectuar estudios que

permitan realizar cálculos de producción, así como estimar plazos de entrega de clientes externos o internos, mano de obra y medir indicadores de productividad, siendo estos factores de vital importancia para la gestión de una organización (Roncancio Avila et al., 2017).

El trabajo estandarizado consiste en una serie de documentos fáciles de interpretar, que son actualizados y están en constante cambio, con el fin de ajustarse a las necesidades actuales de la organización. Involucra el trabajar con operadores para determinar el método de trabajo más eficiente, a su vez, complementar el método de trabajo con ideas de los operarios y por último considerar el *takt time* como una de las unidades más críticas de medición (Socconini y Martín, 2019).

3.1.1 Tiempo Estándar y Costeo de Productos

Para que las industrias mantengan una alta productividad, sean competitivas y logren grandes proyectos, es importante establecer adecuadamente el tiempo estándar a cada uno de sus procesos, y según Meyers (2000), este se define como el tiempo necesario para elaborar un producto en una determinada estación de trabajo. Para ello se debe cumplir con tres condiciones importantes: primero se debe contar con un operador capacitado y calificado, el cual necesita trabajar a un ritmo normal, y finalmente solo se debe realizar una tarea específica.

Una vez determinado el tiempo estándar de fabricación, es crucial para la organización fijar precios para lograr ser competitivos y puedan tomar decisiones. Solo algunas empresas realmente exitosas tienen la posibilidad de mantener o reducir costos. Cada organización decide qué tipo de costeo resulta óptimo para los nuevos proyectos, por ejemplo, se encuentra el costeo histórico o predeterminado.

De acuerdo con Rodríguez et al.(2018), el costeo histórico se refiere a aquellos costos basados en procesos de producción reales y se utilizan hasta culminar un periodo u orden de trabajo. Por otro lado, se encuentra el costeo predeterminado, donde se calculan los costos de manera anticipada a que el proyecto concluya, esto con el fin de realizar comparaciones y analizar cualquier tiempo de desviación. Sin embargo, este último se debe realizar mediante un método específico, ya sea por costos estimados o estándares. Los costos estimados se utilizan cuando es necesario tomar decisiones por razones técnicas o financieras y se basan en la experiencia de la organización. El costo estándar se basa en investigaciones o especificaciones técnicas, determinados con anticipación a la producción.

El concepto de revolución industrial o Industria 4.0, según Jayashree et al. (2022) indica, que en los últimos años se ha generado un incremento en la productividad con impactos significativos en la economía, derivados de la transformación digital y tecnológica de los procesos de manufactura. El

uso adecuado de equipos inteligentes e integrados en las líneas de fabricación promueven la personalización (en inglés customización) de los productos, mayor eficiencia en sus procesos, recursos, áreas de trabajo seguras, entre otras. Sin embargo, la teoría del tiempo estándar y del diseño del trabajo manual es vigente en general, a pesar de la innovación y el aprendizaje continuo del equipo que influencia directamente en el recurso humano.

3.1.2 Elementos del Tiempo Estándar

Una vez que la empresa fabricará un nuevo producto, se debe determinar un tiempo estándar requerido. De acuerdo con Meyers (2000), se debe utilizar la técnica PTSS (Técnica de sistema de estándares de tiempo predeterminado) o bien los datos estándares. Una vez que se cuente con la máquina o la estación en planta se puede utilizar la técnica del cronometro.

Para diseñar una estación de trabajo se definieron 17 elementos fundamentales. Inicialmente se encuentra el transportar vacío, buscar, seleccionar, tomar, transportar cargado, pre ubicar, enseguida colocar, ensamblar, desensamblar, soltar la carga, usar, sujetar, inspeccionar, retraso evitable e inevitable, planear y por último descansar para recuperarse de la fatiga.

3.1.2.1. Cálculo del Tiempo Estándar

Gozali et al. (2020) mencionan, que el cálculo del correcto tiempo estándar se requiere para definir una estación de trabajo, al no contar con un tiempo balanceado la eficiencia puede verse afectada directamente, lo que podría causar cuellos de botella y paros en la producción.

Gervacion (2018) hace mención que el cálculo de tiempo observado (TO) para un elemento dado es a partir del tiempo de trabajo dividido entre el número de unidades producidas durante ese tiempo:

$$TO = \frac{T}{P} \times \frac{n_1}{n} \quad (3.1)$$

Donde:

T = Tiempo total

n_1 = Número de ocurrencias para el elemento i

n = Número total de observaciones

P = Producción total por periodo

Por otro lado, el cálculo del tiempo normal (TN) se encuentra multiplicando el tiempo observado por la tasa promedio de desempeño:

$$TN = TO \times \frac{R}{100} \quad (3.2)$$

Donde:

TN = Tiempo normal

$$R = \text{Tasa promedio de desempeño } (Desempeño = \Sigma \frac{R}{n})$$

En la figura 3.1 se muestran aquellos suplementos que son considerados como los tiempos que se le otorga al trabajador para poder compensar el cansancio o necesidades fisiológicas

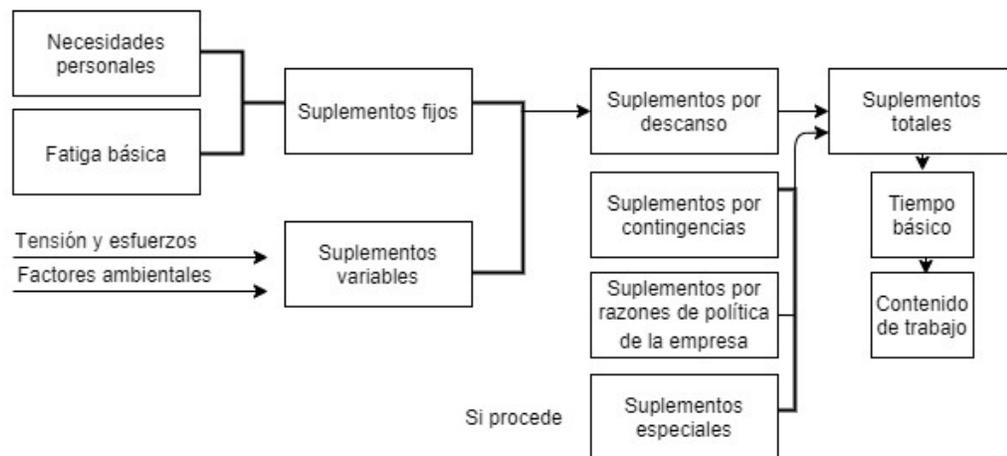


Figura 3.1 Suplementos del Cálculo del Tiempo Estándar

Fuente: Tesis de Gervacion (2018)

3.1.2.2. Consideración en el Cálculo

Según Alamillo et al. (2011), para determinar el tiempo estándar por medio de cronómetro, es necesario contar con un trabajador entrenado y en condiciones normales, con una adecuada motivación para realizar actividades específicas. Para el cálculo del tiempo estándar se debe determinar el tiempo real multiplicándolo por el ritmo de trabajo y los factores de necesidades personales. Es muy importante contar con un

trabajador calificado, ya que permite minimizar el error de la estimación del ritmo de trabajo.

Dentro del cálculo del tiempo estándar se deben considerar diversos factores que permitan realizar una correcta estimación. La fatiga, la calificación de la actuación y tolerancias son ejemplos de estos factores.

La fatiga según Chávez (2013), es la respuesta del cuerpo humano debido a una actividad continua ya sea física o mental, o a falta de sueño y es causado por jornadas de trabajo prolongadas. También se puede ver como un elemento que en forma transitoria puede alterar el estado psíquico-físico del trabajador, siendo el reflejo de los efectos de un trabajo prolongado, con sus respectivas consecuencias sobre el individuo.

De acuerdo con López et al. (2011), la calificación de la actuación se refiere a tener una escala numérica que permita hacer una evaluación para comparar la escala del tiempo observado de trabajo y la de trabajo estándar. Dicha evaluación se podrá utilizar como un factor por el cual el tiempo observado podrá ser multiplicado para que resulte el tiempo estándar. Existen muchos métodos para la evaluación, uno de los más comunes es el Sistema Westinghouse, el cual considera cuatro factores a evaluar, estos son la habilidad, esfuerzo, condición y consistencia. La eficiencia se obtiene sumando las calificaciones de los factores a una constante de uno.

También menciona en su artículo que las tolerancias o suplementos es el tiempo que se añade para dar al trabajador la posibilidad de reponerse de los efectos fisiológicos y psicológicos causados por la ejecución de determinado trabajo en determinadas condiciones laborales y para que pueda atender sus necesidades personales.

3.1.2.3. Tiempo Estándar para Personal Indirecto, Otras Categorías

Existen varias técnicas para obtener tiempos estándar para personal indirecto, dentro de los cuales se pueden encontrar el muestreo del trabajo, datos históricos y la opinión de expertos.

El muestreo del trabajo consiste en realizar observaciones al azar para determinar la relación de las observaciones correspondientes con paros y distintos elementos de trabajo respecto al número total de observaciones del proceso y es utilizado para la estandarización de actividades (Polanco et al., 2018). Esta técnica determina el porcentaje de tiempo que un trabajador realiza sus diferentes actividades. Para realizarlo, se observa de forma aleatoria al operador para así poder conocer cómo distribuye su tiempo, con el objetivo de revisar valores de las remuneraciones, asignar nuevas funciones y estimar costos. Para lograrlo, se deben seguir una serie de pasos, primero se requiere un muestreo preliminar por un tiempo promedio de dos o tres días, esto con el fin de estimar el porcentaje de tiempo que el operador está ocupado, después se

calcula el tamaño de la muestra, enseguida se debe definir el horario en el cual se realizaran las observaciones por medio de números aleatorios. Al iniciar el proceso se deben anotar las observaciones de las actividades del operador y por último, se asignará un porcentaje de tiempo (Vásquez, 2017).

Los datos históricos se fundamentan en la determinación de los tiempos a partir de los datos obtenidos en trabajos similares, o como consecuencia de la comparación con otros tiempos ya conocidos, siendo posible su deducción a partir de ellos. Son utilizados cuando se encuentran métodos claros, el producto es constante, no hay cambios recientes tecnológicos y se cuenta con una amplia cantidad de datos sobre los procesos, de acuerdo con Cruelles (2012).

La estimación u opinión de expertos permite tener una idea del tiempo usado en el trabajo también permite demostrar que ningún individuo puede establecer estándares consistentes y justos solo con ver una tarea. En ocasiones la compensación de errores disminuye su desviación, aun así, la experiencia muestra que a lo largo de un periodo, los valores estimados, tienen una desviación fundamental de los estándares medidos, según Manyoma (2010).

3.1.3 Costo Directo

Juma'h (2015) se refiere a los costos que pueden estar directamente relacionados con la producción, es decir, pueden ser fácilmente identificados y medidos a un trabajo específico. Existen tres tipos de costo directo: el material, mano de obra directa y los costos indirectos de manufactura.

Los costos de material directo, por ejemplo, el aluminio en la fabricación de aviones. La mano de obra directa se refiere al costo de horas utilizadas en la producción, y los costos indirectos de manufactura

3.1.3.1. Materiales

Según Cortez (2019), los principales recursos físicos que son empleados en un proceso productivo son denominados materiales, estos ayudan a transformar bienes terminados mediante el uso e intervención de elementos como la mano de obra y costos indirectos de fabricación. Los productos terminados constan de dos diferentes tipos de materiales, se les conoce como materiales directos a aquellos que son posible identificarse en la línea de fabricación y se asocian con estaciones determinadas, a diferencia de los materiales indirectos, que se consideran de mínimo impacto económico y de bajo uso en el producto.

3.1.3.2. Mano de Obra

La mano de obra directa es aquella que se encuentra en producción y que puede relacionarse directamente con una unidad de trabajo que se fabrica, procesa o prueba, ocasionando que cambie la composición, el estado o la fabricación de un producto. La mano de obra indirecta es todo lo restante, según Meyers (2000).

Este costo es el componente más difícil de estimar. Para poder estimarlo primero se deben definir los estándares de tiempo, ya sea con tiempos predeterminados o datos estándares de planos, después se vacían en un diagrama.

3.1.3.3. Costos Indirectos de Manufactura

Los costos indirectos de fabricación se prorratan entre los objetos del costo, utilizando dos o más variables, se les considera así al número de unidades producidas, los costos de los materiales, también al número de horas máquina, según Rodríguez et al., (2018).

3.1.4 Técnicas de Costeo de Mano de Obra

De acuerdo con Cárdenas (2016), la técnica de costo estándar es aquella que se calcula sobre bases más analíticas para determinar lo que un producto debe costar, se basa en el factor de eficiencia y sirve como medida del costo. Estos se dividen en costos circulantes y fijos, los

circulantes muestran la meta a la que hay que llegar, considerando que existen alteraciones que modifican el estándar por situaciones que hacen que varíen los patrones, y periodo a periodo es posible hacer correcciones. Los fijos, son aquellos utilizados para realizar estadísticos, y se utilizan para comparar, ya que son invariables.

Según Torres (2015), las técnicas de prorrateo directo se refieren a la asignación de costos acumulados de todos los departamentos de servicios como los sueldos, salarios indirectos, material indirecto, depreciaciones, reparaciones, seguros, alquileres, servicios básicos, entre otros. Esto sin considerar aquellos servicios que proporciona el departamento de servicios u otros

La técnica de prorrateo de costos indirectos es la distribución de los costos entre los departamentos que se involucraron en un determinado periodo, después los costos se deben redistribuir entre los departamentos productivos. Todo ello con el fin de conocer el costo global.

3.1.4.1. Tiempo Estándar

El tiempo que se requiere para hacer un producto en determinado puesto de trabajo tomando en cuenta condiciones importantes como: contar con un operario bien calificado y trabajar a velocidad con ritmo normal.

El tiempo estándar se calcula considerando suplementos y tiempo normal, este último es aquel tiempo que un operario calificado necesita para realizar determinada tarea, con ritmo normal para completar un elemento usando un método preestablecido (Carlos et al, 2019).

3.1.4.2. Eficiencia

La eficiencia se refiere a hacer las cosas bien, mediante un método, por ello es la meta en los estudios de tiempos y movimientos, según Meyers (2000). De acuerdo a Miño et al. (2019), es posible desarrollarla mediante la implementación de sistemas productivos en las empresas, lo que supondría organización, orden, limpieza, estandarización y disciplina para propiciar el ahorro y la reducción de recursos que resultan innecesarios.

Como mencionan Jorge et al. (2018), la ingeniería de manufactura es principalmente una actividad productora que tiene su razón de ser en satisfacer al cliente. Su objetivo es alcanzar el mayor resultado final por unidad de recursos utilizados. Este es esencialmente un proceso físico cuyo objetivo es la maximización de la eficiencia física, entonces se podría enunciar eficiencia como:

Eficiencia= producto/insumo

$$E = \frac{P}{I} \quad (3.3)$$

Donde:

P = Producto

I = Insumo

Es decir, se mide el éxito de las actividades de la ingeniería en el medio físico. Eficiencia física > 100

3.1.4.3. Tiempo Muerto

Es una de las seis grandes pérdidas donde hace referencia a las averías como aquellos tiempos que, por motivo de fallos, o errores en los equipos producen paros en los procesos. Otra pérdida son los tiempos de reparación y ajuste de los equipos debido a la preparación de las máquinas para hacerlas funcionar, según Cuatrecasas (2012).

La avería o fallo según Linares (2018), es la interrupción que sufre un equipo que impide que realice las funciones para la que fue creado, las causas pueden ser por el diseño, mal uso, mala mantenimiento o un mantenimiento inadecuado, y se considera total cuando no es posible realizar ninguna función, o parcial, cuando solo son afectadas algunas funciones.

3.1.4.4. Tiempo de Ciclo

Es el máximo ciclo de tiempo permitido para elaborar un producto y para ello se requiere el tiempo disponible en un horario laboral diario, según Miño et al. (2019).

De acuerdo con Martínez y Colorado (2015), el *Takt Time* es el tiempo necesario para completar una tarea del proceso de fabricación, que brinda beneficios tales como: satisfacción del cliente, reducción de costos, incrementación en la capacidad de producir, reducir daño al producto y continuar siendo competitivos. Esta herramienta marca el ritmo de lo que el cliente está demandando, a quien la compañía requiere entregar el producto con el fin de satisfacerlo. Los departamentos de producción y ventas deben estar sincronizados para producir a un mismo ritmo.

El cálculo está dado según Ahmed (2020), por el tiempo total del trabajo disponible (ya sea por turno, día, etc.) entre la demanda total del cliente en el periodo de tiempo seleccionado.

$$Tt = \frac{T}{D} \quad (3.4)$$

Donde:

T = Tiempo total de trabajo disponible por día

D = Demanda total del cliente por día

3.2 Técnicas de Evaluación de la Efectividad del Tiempo Estándar

Diversas técnicas o métodos se han ido desarrollando con el fin de evaluar los tiempos de construcción de los productos, para ello equipos de trabajo consolidan técnicas actuales y las transforman en nuevos métodos mediante el acoplamiento de conceptos y nuevas tecnologías para lograr su fin.

Para la estandarización de tiempos de fabricación se desarrolló un modelo llamado ERGO-MTM que emplea el MTM (Métodos-Medición del Tiempo) y la ergonomía, lo que permite al operador tener períodos para recuperarse y así mantener la carga biomecánica dentro de los límites de seguridad, según Caragnano y Lavatelli (2012). Este modelo es resultado del sistema de MTM y la hoja de trabajo de ensamble Europeo. El primero es para identificar los movimientos y las condiciones de trabajo y el segundo para calcular el nivel de carga biomecánica de cada actividad.

Este nuevo modelo obliga a realizar un diseño de estaciones bajo ciertas restricciones y consideraciones de riesgos desde las primeras etapas de fabricación, también identifica a detalle cada movimiento y asigna un tiempo estándar justo.

Así mismo Fantoni et al. (2020) desarrollaron, un método para medir los procesos de fabricación y ensamble de forma automática, por medio de un programa llamado Industry 4.0 y el método de MTM. Para ello, se realizó un monitoreo de ensamble de operación de una tarjeta de memoria de

PlayStation®, que consiste en cuatro partes, la parte 1 es un circuito electrónico, parte 2 cubierta de la base, parte 3 la tapa superior y la parte 4 el tornillo. Mediante el uso de guantes, un cinturón y presencia en zapatos, se obtuvieron los datos, el estudio se realizó durante varios días en turnos diferentes.

Por medio de los experimentos realizados, se demostró que este nuevo sistema cuenta con características técnicas avanzadas y es más económico en comparación con tecnologías similares. También tiene un alto potencial en planificación y programación del proceso de fabricación, facilitando el cálculo de tiempos y buscando mejorar la eficiencia.

3.3 Evaluación del Costeo de Mano de Obra

Existen métodos que permiten observar y medir los contenidos del trabajo, se dividen en métodos de medición y de cálculo. Los métodos de medición tienen ciertas limitaciones, únicamente se utilizan para procesos que ya existen, es posible medir el tiempo por medio de cronómetro o videos. Por otro lado, los métodos de cálculo tienen tiempos predeterminados que benefician su uso en las fases de preproducción y como herramienta de optimización, según Aguilar (2019).

Los principales métodos de cálculo de tiempos son MOST, MTM y *Work Factor* (Factor de Trabajo). El método MOST (Mishra et al., 2014) es un sistema de tiempos predeterminados de movimientos utilizado

principalmente en la industria para obtener tiempos estándares en el que un trabajador debe realizar una tarea. Esta técnica podría ser considerada como la más rápida o efectiva para evaluar el trabajo. Como objetivo principal, la técnica MOST, cuantifica el contenido del trabajo en el movimiento de los objetos, se trata de una herramienta poderosa debido al enfoque estructurado que usa y, por lo tanto, desarrolla datos estructurados, por ello se considera una técnica progresiva.

La versión básica de MOST emplea modelos de secuencia de actividades con base en movimientos agregados, estos se dividen en movimiento general, movimiento controlado y uso de herramienta. El primero es un modelo de secuencia para el movimiento de objetos de forma libre de un lado hacia otro, el segundo se usa cuando el objeto es movido mientras permanece en contacto con la superficie o cuando el objeto esta adherido a otro cuando se realiza el movimiento, y el último es aplicable cuando se utiliza una herramienta manual para realizar el movimiento, de acuerdo con lo que mencionan Mayank et al. (2017).

El segundo método MTM (Morlock et al., 2017), es un sistema de tiempos predeterminados utilizado para el diseño del proceso de trabajo, por consiguiente, las tareas manuales se examinan, describe, estructuran y planean mediante módulos de procesos definidos. Durante la fase de planificación, estas tareas se estructuran y organizan de forma sistemática, con el fin de visualizar los factores de influencia y así diseñar sistemas de

trabajo. El sistema básico de MTM, secciona los movimientos en alcance, agarre, mover, posicionar y soltar, cada uno de estos tiene vinculado un valor de tiempo que depende de factores de influencia, como la distancia. El área de aplicación de esta técnica es la gestión del tiempo, durante la fabricación del producto y en el proceso de planeación.

En la figura 3.2 se observa cómo es el uso de la técnica MTM durante el desarrollo de productos, de procesos y finalmente dentro de la operación.



Figura 3.2 Uso de MTM Durante el Proceso de Creación de un Producto

Fuente: Conferencia *Teaching MTM for Workplace Design in Learning Factories* por Morlock et al., 2017.

El tercer método es un sistema que se denomina *Work Factor* y según Lozano et al. (2014), se basa en el principio de cuatro variables que afectan el tiempo requerido para realizar cualquier movimiento manual, como el miembro del cuerpo usado, la distancia recorrida, el control manual necesario y el peso o resistencia. El miembro del cuerpo usado es el tiempo considerado del cuerpo tomando los siguientes miembros, como dedos, mano, brazo, tronco y pie; la distancia recorrida considera y mide la distancia recorrida en la línea directa de un punto a otro; el control manual

se divide en cuatro factores que son por detención definida para movimientos voluntarios del operador, por conducción para movimientos en espacios reducidos, por precaución para el cuidado previniendo evitar daño y por cambio de dirección; el peso o resistencia en los trabajos manuales.

3.4 Marco Referencial

Los métodos de cálculo de tiempos estándar han permitido a las empresas definir, evaluar o mejorar sus procesos de fabricación. Para ejemplificar cada uno de los métodos a continuación se describen referencias de proyectos en diversas empresas.

En una industria de manufactura localizada en India central, dedicada a la fabricación de muebles a pequeña escala Ganorkar et al. (2019) emplearon, la metodología MOST para un costeo basado en actividades impulsado por el tiempo estándar con el propósito de mejorar la productividad. Esta elección se debió a que es un método más estandarizado, fácil de usar y aplicable a procesos manuales, permitiendo evaluar cada una de las actividades, así como definir un tiempo estándar. En un periodo de un año la empresa fabricó 332 modelos y un total de 9,484 productos terminados, con ello determinaron 52 actividades para el caso de estudio, como son soldadura, ensamble, manejo de material, empaque, tratamiento, prensado, corte, entre otros.

Como resultado, se obtuvo que el costo del producto se encontraba elevado en un 11.27 %, lo que afecta la competitividad y rentabilidad de la empresa, y en general la variación del costo de cada actividad es entre 0 y 15%. Para concluir, mencionan que esta nueva forma de estimar reduce el trabajo por el diseño de una ecuación de tiempo, y proporciona un análisis detallado de las actividades, siendo este método en comparación con el actual más económico.

Por otro lado, Puvanasvaran et al. (2019), en una industria electrónica se aplicó el método de MOST en la técnica de funcionamiento de envasado en seco, mediante el uso de cronómetro se determinaron los tiempos reales del ciclo de la operación y enseguida se procedió al análisis de MOST, analizando cada método y detallando cada movimiento. Únicamente usando 19 combinaciones de movimiento básicos, la técnica puede revelar actividades de valor agregado o no agregado de cada subproceso. El resultado del análisis de MOST arrojó un tiempo total de 126 segundos, mediante la toma de tiempo a cuatro operadores calificados.

En la tabla 3.1 se muestra que en un turno de 12 horas con un tiempo real de ciclo los operadores empaquetan un máximo de 107 lotes, en comparación de 110 lotes que se pueden lograr con MOST.

Tabla 3.1 Resultado de Tiempo Real de Ciclo y MOST

Descripción	Estudio de tiempo				MOST
	OP 1	OP 2	OP 3	OP 4	
Tiempo real de ciclo	412.61	403.9	423.83	402.18	390.6
Número de lotes empaquetados en 1 turno	104	106	101	107	110

Fuente: Artículo *Implementation of Maynard Operation Sequence Technique In Dry Pack Operation* de Puvanasvaran et al. ,2019.

Con la herramienta empleada la empresa logra un panorama más amplio de actividades sin valor agregado y el tiempo de trabajo excesivo que un operador puede llegar a realizar, mediante la implementación de MOST es posible monitorear el desempeño del operador y realizar mejoras en el proceso.

En una empresa de Valladolid (Casero Palmero, 2019) se llevó a cabo un estudio de métodos y tiempo donde se realizaron grabaciones del proceso a diferentes operadores y se recabó la información que incluía el tiempo cronometrado, tiempo observado y los tiempos no productivos. Después de analizar los datos, se observó que el operario pierde mucho tiempo por las esperas en el proceso, por ello se procedió al uso de la técnica de MTM y MODAPTS, para establecer el tiempo estándar necesario para cada tarea. Se concluyó que el total de datos de tiempo improductivos constituye un 5%. Los tiempos estándares por operación de piezas buenas se desvían un 33% por encima de la media y las malas un 33% por encima

y por debajo de la media. Así, se observó que los tiempos estándares predeterminados son diferentes a los calculados por cronómetro.

Para la fabricación de un avión de nombre UAV Gavilán III en la fase final de montaje Fiallos Castillo (2015) desarrolló, tablas de tiempos con base en el sistema MTM. En la figura 3.3 se muestran los 11 procesos operativos necesarios para la elaboración del UAV Gavilán III.

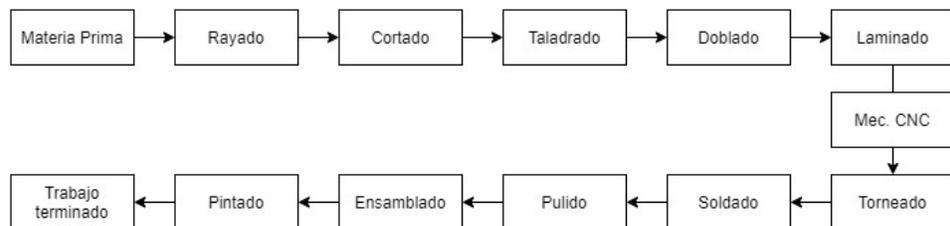


Figura 3.3 Diagrama de Proceso de Fabricación del UAV Gavilán III

Fuente: Tesis de Fiallos Castillo, 2015.

Una vez definido el proceso de montaje, estos se dividen en tareas más pequeñas, a cada una se le asigna un tiempo y valor TMU de acuerdo con su complejidad. En particular la tarea de tomar la piel tiene un valor de 1002 TMU, equivalente a 36.07 segundos. Así mismo, se le asignaron tiempos a cada actividad. Después de tener cada tiempo estándar se inició con el diseño de las estaciones y el área para iniciar el proceso de fabricación del avión.

4. MATERIALES Y MÉTODOS

En este capítulo se establece el procedimiento que se realizó para la investigación, así como los materiales y métodos empleados durante las distintas etapas del proyecto. Se planteo la hipótesis estadística y se describe el tratamiento que recibieron los datos.

4.1 Materiales

Durante el desarrollo de la investigación se utilizaron diversas herramientas para la recolección de la información y obtención de datos, con el fin de analizar y dar soluciones al problema planteado. En la tabla 4.1 se describen los materiales que facilitaron el desarrollo de la investigación.

Tabla 4.1 Materiales Utilizados Durante la Investigación

Programas	Microsoft Office® Adobe Reader® Mendeley® Minitab® PLM Software
Equipos	Cronómetro digital calibrado Laptop HP

Fuente: Elaboración propia.

4.2 Métodos

A continuación, se describe la metodología que, de acuerdo con algunos autores se debe utilizar, ya que va enfocada al tipo de investigación y su diseño.

4.2.1 Tipo de Investigación

La investigación se clasifica como no experimental, ya que según Hernández Sampieri et al. (2010), los fenómenos se observaron en su forma natural, sin manipular las variables ni que la investigadora intervenga en su acontecer.

En su dimensión temporal, la investigación es de corte transversal, porque las cotizaciones de nuevos negocios se analizaron en el trabajo de campo realizando un solo evento de medición. Según el nivel de conocimientos a alcanzar, el estudio se clasifica como descriptivo y correlacional, ya que se dio a conocer el estado que guardan las variables bajo estudio. En su enfoque de descomposición, la investigación es analítica y las fuentes de datos son los registros y el trabajo de campo. Debido a que la estadística es la herramienta fundamental del estudio la investigación se clasifica como cuantitativa y aplicada.

4.2.2 Fases de la Investigación

Como se muestra en la tabla 4.2, la investigación se dividió en cinco diferentes fases. En la fase 1 se planteó el problema y se formularon las hipótesis de la investigación, también se identificaron las discrepancias entre los costos estándares y los documentados, así como el análisis de la información de los nuevos negocios los cuales revelaron la variación en las cotizaciones.

Por medio de la evaluación de todos los proyectos de la empresa, en la fase 2 se procedió a seleccionar el proyecto donde se llevó a cabo el estudio; luego se seleccionaron las operaciones a estudiar y finalmente se realizaron las tomas de tiempo con cronometro.

En la fase 3 se analizaron los datos por medio de pruebas estadísticas. Enseguida, en la fase 4 se reportaron los resultados obtenidos y se expusieron los hallazgos encontrados para profundizar en la comprensión de los resultados.

Por último, en la fase 5 se expusieron las lecciones aprendidas durante la investigación, así como las conclusiones resultantes del proyecto de investigación y se brindaron recomendaciones, así se logró obtener una tesis completa al final del periodo.

Tabla 4. 2 Fases del Proyecto de Investigación

	Fase	Descripción	Resultado
1	Planteamiento del problema	Identificación y análisis de discrepancias entre lo estándar y lo documentado en los nuevos negocios	Revelación de la brecha en la cotización contra lo implementado en las líneas de manufactura.
	Formulación de hipótesis	Definición de hipótesis que permitan responder adecuadamente la pregunta de investigación relacionada con las discrepancias identificadas	Identificar cuál es el objetivo que se pretenden investigar durante el transcurso del proyecto.
2	Medición	Análisis de proyectos que se manufacturan en la empresa mediante la evaluación de volumen con relación a sus ventas	Selección de proyecto con mayor impacto en productividad y ventas
		Realización de toma de tiempos por operaciones en la línea de manufactura seleccionada considerando los márgenes, la fatiga y las tolerancias	Obtener mediciones y analizar los resultados de los tiempos obtenidos relacionados con el ensamble del arnés
3	Tratamiento de los datos	Validación de resultados de toma de tiempos por medio de pruebas estadísticas	Definición de los resultados con la finalidad de evaluar si existen diferencias entre lo estándar y lo documentado.
4	Análisis de resultados	Discusión de los hallazgos encontrados durante el periodo de investigación	Comprensión del fenómeno después de la intervención realizada en la línea de manufactura.
5	Conclusiones y recomendaciones	Describir lo aprendido, el proceso que se llevó a cabo y especificar el alcance de la investigación	Estudio finalizado

Fuente: Elaboración propia.

4.2.2.1. Primera Fase: Planteamiento del Problema y Formulación de Hipótesis

En esta fase se inició con la selección del problema en la empresa arnesera, así como con la recopilación de información necesaria para plantearse y proyectar el problema real con base en datos históricos de cotizaciones de nuevos negocios. Los datos relevantes que se observaron

fueron la relación del tiempo estándar y la cantidad de personal directo calculado.

Cuando un negocio previamente cotizado inicia operaciones en la empresa, se diseña la línea de fabricación y se define el personal directo; cuando esto ocurre, surgen discrepancias entre el total de personal real y el cotizado.

Derivado de dichas variaciones, surgió una hipótesis en la que se buscó responder de manera adecuada a la pregunta de investigación planteada y así se estableció el objetivo a cumplir durante el desarrollo del proyecto.

4.2.2.2. Segunda Fase: Medición

Esta fase es una de las más importantes ya que se determinó por medio de un análisis de proyectos, precisamente aquellos en los que en la empresa bajo estudio cuentan con una producción estable y por medio de su volumen se relacionen con las ventas generadas.

Una vez definido un proyecto, se limitó el área de estudio precisando la línea donde se analizaron los tiempos, así como la selección de operaciones que tenían un mayor impacto en el tiempo estándar total.

Las operaciones descritas en la tabla 4.3 fueron aquellas en las que se enfocó el estudio de tiempo, ya que son las más repetitivas en cada uno

de los diferentes modelos que la empresa produce anualmente, generando un alto impacto en el costo del arnés y en su tiempo de fabricación.

Tabla 4.3 Operaciones de Centro de Costos 7

N	Operación	Tiempo (min)
1	Diaper Wrap	0.2500
2	Spyral Tape	0.2126
3	Tie Strap	0.1500
4	Shield	0.3400
5	Terminal Insertion	0.0210
6	Spot Tape	0.1500
7	Overlap	0.3201
8	Splices	0.1470
9	Tubing Non-slit	0.2350
10	Cover Connector Small	0.1000
11	Cover Connector Big	0.1500
12	Clip 1 ST	0.2000
13	Clip 2 ST	0.3000
14	Convolutes	0.1978
15	Montar arnes	1.0300
16	Desmontar arnés	0.2091

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se procedió a realizar la toma de tiempos mediante el uso de un cronómetro considerando la fatiga, los márgenes y las tolerancias. La información obtenida se capturó en un formato preestablecido para su posterior análisis.

4.2.2.3. Tercera Fase: Tratamiento de los Datos

En esta fase del proyecto se procedió al análisis estadístico de los datos, donde primeramente se realizaron pruebas de normalidad, con el objetivo de determinar si los datos analizados eran normales o no. Después

se llevó a cabo una nueva prueba que permitió definir si existían diferencias en relación con lo cotizado, o bien si se están subcotizando o sobre cotizando las operaciones de estudio.

4.2.2.4. Cuarta Fase: Análisis de Resultados

Después de realizar las pruebas estadísticas, en esta parte del proyecto se plasmaron los resultados obtenidos de la línea de fabricación seleccionada.

Enseguida se inició una discusión en relación con lo encontrado durante el desarrollo del proyecto, con el propósito de obtener una mejor comprensión de la información una vez realizadas las tomas de tiempos.

4.2.2.5. Quinta Fase: Conclusiones y Recomendaciones

En esta última fase se expusieron los aspectos aprendidos durante el proyecto de investigación y se procedió a establecer una conclusión. Finalmente se brindaron recomendaciones para aplicar en proyectos posteriores.

4.3 Hipótesis Estadística

La hipótesis que se plantearon es que las medias de los tiempos estándar no presentaron diferencias en relación a lo cotizado. En términos matemáticos las hipótesis se derivaron de lo siguiente:

Sean X_1, X_2, \dots, X_R los tiempos estándares encontrados en el campo.

Sean X_1, X_2, \dots, X_N los tiempos estándares documentados de cotización.

Sea $\mu_R = \sum_{i=1}^R \frac{X_i}{R}$ (4.1) la media de los tiempos estándares encontrados en el campo.

Sea $\mu_N = \sum_{i=1}^N \frac{X_i}{N}$ (4.2) la media de los tiempos estándares documentados de cotización.

Entonces las hipótesis probadas fueron:

$$H_0: \mu_R = \mu_N$$

$$H_1: \mu_R \neq \mu_N$$

4.4 Recolección y Tratamiento

En esta sección se presenta el procedimiento realizado para la recolección de los tiempos estándares en el proceso de manufactura y su análisis.

4.4.1 Recolección

Para la recolección de los datos el enfoque fue en las operaciones detalladas en la sección 4.2.2.2, los datos se registraron en el formato de toma de tiempos de la figura 4.1, el cual presenta las siguientes

características: operación, lecturas de tiempo cronometrado, hora, día, turno en que se realizaron las tomas.

Hora:	Formato de Toma de Tiempos																											
Día:																												
Turno:																												
Toma	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z		
1																												
2																												
3																												
4																												
5																												
6																												
7																												
8																												
9																												
10																												
11																												
12																												
13																												
14																												
15																												
16																												
17																												
18																												
19																												
20																												
21																												
22																												
23																												
24																												
25																												
26																												
27																												
28																												
29																												
30																												

Figura 4.1 Formato de Toma de Tiempos
Fuente: Elaboración propia.

Para cada una de las tomas se consideraron aspectos importantes, como la cantidad de lecturas, días de la semana a realizar el estudio y con personal calificado, así como los márgenes, la fatiga y las tolerancias con el fin de que los resultados fueran los adecuados y se pudieran usar para realizar estudios en diversos modelos estadísticos.

4.4.2 Tratamiento

Para el tratamiento de los datos se utilizó el *Software Minitab®* donde se realizaron diferentes pruebas que permitieron validar los datos recabados durante la fase de medición.

Para la adecuación del modelo, el primer plan de prueba fue la verificación de independencia de las muestras, enseguida se procedió a la prueba de verificación de la condición de normalidad de los datos antes y después de su medición: la prueba que se utilizó fue la de Anderson-Darling.

Las hipótesis probadas fueron:

H_0 : "*Los datos provienen de una distribución normal*"

H_1 : "*Los datos No provienen de una distribución normal*"

Se consideró el valor *p-value* para decidir si se aceptaba o se rechazaba la hipótesis nula.

Por último, se procedió a la verificación de la igualdad o no de los tiempos estándares contra los cotizados.

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

En el presente capítulo se presentan los resultados obtenidos después del análisis de los tiempos estándares, donde se determinó la condición de normalidad y con base en las diferencias con el tiempo documentado se procedió a concluir para cada operación estudiada. En la tabla 5.1 se muestran los resultados del análisis.

Tabla 5.1 Análisis del Tiempo Estándar de Cotizaciones en Relación con su Tiempo Estándar Documentado

Operación	Tiempo Documentado	Promedio Calculado	Condición de Normalidad	Diferencia con Actual (P value)	Conclusión
Diaper Wrap	0.2500	0.2524	SI	0.6550	Sin diferencias en relación con lo cotizado
Spyral Tape	0.2126	0.2057	NO	0.8555	Sin diferencias en relación con lo cotizado
Tie Strap	0.1500	0.1448	SI	0.5090	Sin diferencias en relación con lo cotizado
Shield	0.3400	0.2416	NO	0.0000	Se esta sobre cotizando
Terminal Insertion	0.0210	0.0575	SI	0.0000	Se esta subcotizando
Spot Tape	0.1500	0.0852	SI	0.0000	Se esta sobre cotizando
Overlap	0.3201	0.3051	SI	0.0320	Se esta sobre cotizando
Splices	0.1470	0.1399	SI	0.5000	Sin diferencias en relación con lo cotizado
Tubing Non-slit	0.2350	0.0844	SI	0.0000	Se esta sobre cotizando
Cover Connector Small	0.1000	0.1036	SI	0.4050	Sin diferencias en relación con lo cotizado
Cover Connector Big	0.1500	0.1143	NO	0.0014	Se esta sobre cotizando
Clip 1 ST	0.2000	0.0734	SI	0.0000	Se esta sobre cotizando
Clip 2 ST	0.3000	0.1278	SI	0.0000	Se esta sobre cotizando
Convolutos	0.1978	0.1426	SI	0.0000	Se esta sobre cotizando
Montar arnes	1.0300	0.6261	SI	0.0000	Se esta sobre cotizando
Desmontar arnés	0.2091	0.2558	SI	0.0000	Se esta subcotizando

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo 1 se muestran los análisis estadísticos que incluyeron las pruebas de normalidad e hipótesis, para medias o medianas, según fue el caso, para cada una de las operaciones.

Como puede observarse de las 16 operaciones estudiadas únicamente 13 presentaron condición de normalidad y se analizaron por medio de la *prueba t de student*, sin embargo, tres operaciones no cumplieron

con la normalidad en sus tiempos por lo que se empleó la prueba de medianas de Mann-Whitney.

Con base en las diferencias de los tiempos estándares contra los documentados de las 16 operaciones estudiadas se obtuvieron tres conclusiones diferentes: a) sin diferencias en relación con lo cotizado; b) se está sobrecotizando y c) se está subcotizando.

5.1 Operaciones Sin Diferencias en Relación con lo Cotizado

Las cinco operaciones que resultaron dentro de esta categoría muestran que con base en el *p-value* no existen diferencias entre los tiempos documentados contra los cotizados.

En estas operaciones se encuentran los *cover connector small*, la inserción y ruteo de *splices*, el recubrimiento de cinta en tipo *spiral tape*, los *diaper wrap*, empleados para la unión de dos o más ramales y por último la colocación y corte de excedente de *tie straps*. Estas operaciones representan aproximadamente el 15% del tiempo estándar documentado del centro de costos 7 para esta línea de manufactura.

Lo anterior significa que el tiempo documentado del formato de cotizaciones es el adecuado para el cobro de dichas operaciones y asegura que el porcentaje de personal directo calculado se asignó de manera satisfactoria para la negociación del proyecto.

Las operaciones mencionadas previamente son muy importantes en la mayoría de las líneas de manufactura. Por ejemplo, en la línea de estudio, 28 conectores requieren de un *cover connector small* debido a la función que ejercen en el arnés por ser colocado en el motor del automóvil, así mismo el recubrimiento en los nodos para la fijación de las dimensiones o salidas según especifique el diseño en el plano. Otro ejemplo es el de los *tie strap*, que permiten la correcta sujeción del arnés en el motor, evitando movimientos indeseados y posibles quejas de cliente.

5.2 Operaciones que se Están Sobre Cotizando

Nueve de las 16 operaciones estudiadas entraron dentro de esta categoría debido a que los resultados mostraron que el promedio del tiempo estándar es significativamente menor al documentado.

Las operaciones en cuestión son: la instalación de *shield*, *spot tapes*, encintado tipo *overlap*, ensamble de *tubing non-slit* y *convolutes*, la instalación de *cover connector big*, la colocación de clip con uno o dos *spot tapes* y, por último, el montar el arnés en el tablero de construcción.

Dichas operaciones son comunes en la mayoría de las líneas de manufactura de la empresa de estudio, ya que se fabrican arneses para motor, baterías, puertas, asientos, cabinas, entre otros. Por ejemplo, una de las operaciones es el recubrimiento con cinta que protege los circuitos ante altas temperaturas, y que particularmente en este número de

ensamble final se requiere un total de encintado lineal de 52 pulgadas. Por otro lado, la colocación de *spot tapes* representa el 4.5% del tiempo de ensamble.

Con base en los resultados obtenidos, la empresa tiene la oportunidad de intervenir en estas operaciones con la finalidad de reducir el tiempo documentado utilizado en las cotizaciones y así lograr estar dentro de un mayor número de proyectos ganados en relación con la competencia, debido a que el tiempo del centro de costos 7 es el que define mayormente la cantidad de personal operativo necesario, la cantidad de herramientas, o bien el espacio sugerido para la línea de manufactura.

5.3 Operaciones que se Están Subcotizando

El resultado de la toma de tiempos mostró que el promedio del tiempo estándar de dos de las operaciones estudiadas está por encima del tiempo documentado: *desmontar arnés* y *terminal insertion*. La operación desmontar el arnés es ejecutada en todas las líneas de manufactura y consta de ir removiendo cada conector, terminal de argolla o batería, clips o demás accesorios de los escantillones del tablero de construcción y después caminar hacia el área de dimensiones y colocar el arnés en un estante para continuar con el proceso de manufactura.

Dentro del estudio de tiempos realizado en la línea de manufactura se analizaron diversas variables que pueden haber afectado los resultados

obtenidos, como primer observación se destaca el desmontar el arnés de los tableros de construcción donde por la necesidad del buen manejo de la parte terminada y el recorrido hacia la estantería, lleva mayor tiempo del preestablecido en el documento de cotizaciones, sin embargo sería prudente caminar el proceso en la línea y tomar las acciones necesarias.

Y, por último, pero no menos importante, la operación *terminal insertion* se aplica en todos aquellos arneses que dentro de su BOM contengan conectores, por lo que representa la mayor parte de los arneses de manufactura en la empresa. Para esta línea el porcentaje de dicha operación es de 1.86% en relación con el proceso de ensamble.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente capítulo se muestran las conclusiones obtenidas después del análisis de los resultados, así como las recomendaciones sugeridas para la empresa ABC.

6.1 Conclusiones

Los resultados permitieron determinar las operaciones que difieren significativamente del tiempo estándar documentado y con ello se logró responder la pregunta de investigación planteada al inicio del proyecto. Este hallazgo contribuye a disminuir la incertidumbre en los procesos de cotización de nuevos contratos, ya que la línea de estudio representa al mayor porcentaje de ventas de la compañía equivalente al 6% en la relación con los 629 números de parte, lo que a su vez le brinda a la organización un mejor posicionamiento en el mercado, ya que ahora es posible establecer una mejor diferenciación en precio, un factor determinante para permanecer en los mercados. Con la visibilidad objetiva acerca de cuáles operaciones están siendo sub o sobrecotizadas, se abre un panorama de gestión que permite acciones de mejoramiento o de ajuste, según sea el caso.

Con base en la anteriormente expuesto, se concluye que la gestión de los tiempos estándares tiene una importancia preponderante, ya que

determina uno de los tres componentes del costo unitario, que es el costo de la mano de obra directa.

Si bien en las economías abiertas al final de cuenta el precio de un artículo es determinado por el mercado, el establecimiento de un precio competitivo con base en la gestión de costos unitarios es sin duda una estrategia rentable.

La investigación reveló que existe sobre cotización en nueve de 16 operaciones críticas de la organización, y por el contrario dos de 16 operaciones se están subcotizando, con estos resultados se respondió la hipótesis establecida, ya que se demostró que existen diferencias en los tiempos estándares de la operaciones cotizadas en nuevos proyectos en relación con los tiempos estándares documentados. Esto permite reconocer un margen de maniobra para tomar decisiones tendientes a ofrecer un precio más competitivo, de forma que se obtengan más contratos y que lo anterior se lleve a cabo sin poner el riesgo la rentabilidad de la organización.,

Con base en las diferencias entre los tiempos documentados contra los estándares, el volumen semanal y el costo por hora de un operador, se obtuvo el valor correspondiente por semana. En la siguiente tabla 6.1 se aprecian los valores de sobrecotización que representan cada una de las operaciones de forma semanal.

Tabla 6.1 Operaciones que se Están Sobrecotizando

Operación	Tiempo estándar documentado	Tiempo estándar	Diferencia en h/pza	Volumen semanal producido en CC7 (pza)	Horas sobrecotizadas por semana (h)	Valor de sobrecotización por semana (horas x costo/h)
	h/pza	h/pza				
<i>Shield</i>	0.005667	0.004027	0.00164 71.06%	20,790	34.0956	164.53
<i>Spot Tape</i>	0.002500	0.001420	0.00108 56.80%	20,790	22.4532	108.35
<i>Overlap</i>	0.005335	0.005085	0.00025 95.31%	20,790	5.1975	25.08
<i>Tubing Non-slit</i>	0.0039167	0.0014067	0.00251 35.91%	20,790	52.1829	251.81
<i>Cover Connector Big</i>	0.002500	0.001905	0.000595 76.20%	20,790	12.37005	59.69
<i>Clip 1 ST</i>	0.003333	0.001223	0.00211 36.70%	20,790	43.8669	211.68
<i>Clip 2 ST</i>	0.005000	0.002130	0.00287 42.60%	20,790	59.6673	287.93
<i>Convolutes</i>	0.003297	0.002377	0.00092 72.09%	20,790	19.1268	92.30
<i>Montar arnes</i>	0.017167	0.010435	0.00673 60.79%	20,790	139.95135	675.35

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6.2 se muestra el valor de subcotización que representa cada operación semanalmente.

Tabla 6.2 Operaciones que se Están Subcotizando

Operación	Tiempo estándar documentado	Tiempo estándar	Diferencia en h/pza	Volumen semanal producido en CC7 (pza)	Horas subcotizadas por semana (h)	Valor de subcotización por semana (horas x costo/h)
	h/pza	h/pza				
<i>Terminal insertion</i>	0.00035	0.000958	0.000608 -273.70%	20,790	12.64032	61.00
Desmontar arnés	0.003485	0.004263	0.000778 -121.50%	20,790	16.17462	78.05

Fuente: Elaboración propia.

El objetivo planteado al inicio de este proyecto de investigación se logró cumplir, ya que por medio de la toma de tiempos y de los análisis estadísticos se conocieron en qué medida los tiempos estándar documentados utilizados para cotizar la mano de obra directa de los nuevos negocios difieren de los tiempos estándar.

Las demandas requeridas por el mercado del cable de los arneses requieren de alta tecnología para cumplir con la variación en los productos, así como con las especificaciones de cada cliente lo que conlleva a mantener una constante innovación en las áreas de la empresa. Es por ello que la empresa de estudio ha ido adaptando las nuevas tecnologías en sus instalaciones como lo son los sistemas de visión y el código QR en las líneas de fabricación conforme lo indica el concepto de industria 4.0 (Rosa et al., 2022).

6.2 Recomendaciones

Dada la importancia que tiene el tiempo estándar en la competitividad de las organizaciones de manufactura, particularmente en el ramo arnesero, es imperativo una permanente revisión y actualización de los tiempos estándares, de forma que se actualicen constantemente conforme cambian las circunstancias del mercado y de la tecnología de manufactura. También se recomienda implementar un programa de actualización general de tiempo estándares en la organización, de forma

que las cotizaciones sean más precisas y apegadas a la realidad. En la tabla 6.1 es posible identificar las acciones propuestas de gestión que permitirían a la empresa a reducir las diferencias entre ambas estimaciones.

Tabla 6.3 Avenidas de Gestión Derivadas del Estudio

Línea de Acción	Responsable	Comentario
Revisión integral de los tiempos estándar de las operaciones	Ingeniera Industrial, Ingeniera de Manufactura.	Es imperativo la actualización de los tiempos documentados base de cotización de forma que se coticen con mayor exactitud
Revisión continua de las estaciones de trabajo	Ingeniera Industrial, Ingeniera de Manufactura, Mantenimiento	Revisión de capacidades de producción, gráficos de carga, diagrama hombre-maquina y diagrama de operaciones. Conducir con regularidad un mapeo de la cadena del valor.
Actualización de los tiempos estándares documentados de cotización	Ingeniería de Cotizaciones	Actualización periódica y constante de los tiempos actuales documentados para incorporar cambios en los métodos de trabajo.
Seguimiento al programa de actualización de tiempos estándares	Ingeniera Industrial, Ingeniera de Manufactura, Mantenimiento e Ingeniería de Cotizaciones	Promover la mejora continua y una mejor exactitud y precisión en las cotizaciones.

Fuente: Elaboración propia.

Fue necesario detallar un plan de acción para las operaciones en las que el tiempo estándar es menor que el tiempo promedio documentado que actualmente se utiliza para las cotizaciones de mano de obra. Esto es, aquellas operaciones que se están subcotizando, y las acciones

propuestas para cerrar la brecha en las operaciones se describen a continuación:

Para las operaciones *terminal insertion* es recomendable analizar mediante técnicas de Estudio del Trabajo estas estaciones. De esta manera, mediante una lista de verificación y una memoria fotográfica mostrar:

- a. Que el proceso esté debidamente documentado y que el procedimiento esté al día.
- b. Que la ejecución de la operación se ajuste al procedimiento anterior.
- c. Que el operador esté calificado y bien entrenado.
- d. Que no se agreguen actividades adicionales.
- e. Que existan ayudas visuales disponibles y que estén al día.
- f. Que el volumen y suministro de materiales sea los adecuados y que sean constantes.
- g. Otras posibles condiciones que puedan retrasar la ejecución de esta operación.

Para las operaciones *desmontar arnés*, además de las recomendaciones para la parte anterior, sería deseable lo siguiente:

- a. Una evaluación integral de los escantillones en donde se sujeta el arnés terminado, de forma que el tiempo de desmonte de la unidad se reduzca.
- b. Una rutina o procedimiento documentado para tener a la menor distancia posible la caja o contenedor en el que se empacará el arnés. De preferencia un área señalizada.
- c. La verificación integral del manejo de materiales en esta estación de trabajo, con énfasis en el retiro oportuno de unidades carga (paletas o contenedores) que se hayan completado y en la disponibilidad de nuevos elementos de empaque.

Se recomienda extender el análisis de tiempos estándares a otras áreas del proceso de elaboración de arneses, por ejemplo: el área de corte, procesos de circuitos y terminales, preensambles, validación de dimensiones, así como las pruebas eléctricas con la finalidad de encontrar diferencias entre los estándares de cotización contra los documentados, y a su vez definir el costo que pudieran estar generado a la empresa.

Para finalizar, se recomienda estar al día con las tecnologías de toma de tiempos y con los métodos de determinación de tiempos estándares. Lo anterior permitiría una estimación más exacta y precisa del tiempo de mano de obra que se estaría cotizando.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Yocupicio, M. L. E. (2019). *Sistema Integrado para la Recoleccion de Tiempos Normales de Forma no Convencional, con Enfoque al Area de Ingenieria de Metodos*.
- Ahmed Soliman, M. H. (2020). *Takt time*. 1–55.
- Alamillo, A. A., Rodríguez, J., González, M. M., y Durán, R. E. (2011). *Desarrollo De Un Sistema De Capacitación Para La De Toma De Tiempos Estándar Mediante Cronómetro*. 3(1), 111–116.
- Arias, L., Portilla, L., y Fernández, S. (2010). *La distribución de costos indirectos de fabricación, factor clave al costear productos*. *Scientia Et Technica*, XVI(45), 79–84.
- Caragnano, G., y Lavatelli, I. (2012). *ERGO-MTM model: An integrated approach to set working times based upon standardized working performance and controlled biomechanical load*. *Work*, 41(SUPPL.1), 4422–4427. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0740-4422>
- Cárdenas y Nápoles, R. A. (2016). *Costos 1* (Kindle).
- Carlos Carhuancho, C. K., y Riveros Santillán, E. F. (2019). *Implementación de la Ingeniería de Métodos para incrementar la Productividad en un Empresa Textil*.
- Casero Palmero, P. M. (2019). *Estudio de métodos y tiempos en Lingotes Especiales S.A*.
- Chatras, C., Giard, V., y Sali, M. (2015). *High variety impacts on Bill of Materials structure: Carmakers case study*. *IFAC-PapersOnLine*, 28(3), 1067–1072. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2015.06.225>
- Chávez Revilla, O. N. (2013). *La jornada laboral y la fatiga como causa de los accidentes de trabajo*. *Docentia et Investigatio*, 15(2), 87–92.
- Colina Morles, E. N., Luzuriaga Andrade, M. A., Apolo Aguilar, M. D., Guaman Guachichulca, N. R., y Siguenza Guzman, L. C. (2020). *Análisis de tiempos estándar en empresas de ensamble como insumo para la toma de decisiones*. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información De*, 779–790.
- Cortez Salazar, H. R. (2019). Universidad Tecnológica Israel.
- Cruelles Ruíz, J. A. (2012). *Productividad e Incentivos: Cómo hacer que los tiempos de fabricación se cumplan*.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2012). *Gestión del mantenimiento de los equipos productivos (Diaz de Sa)*.

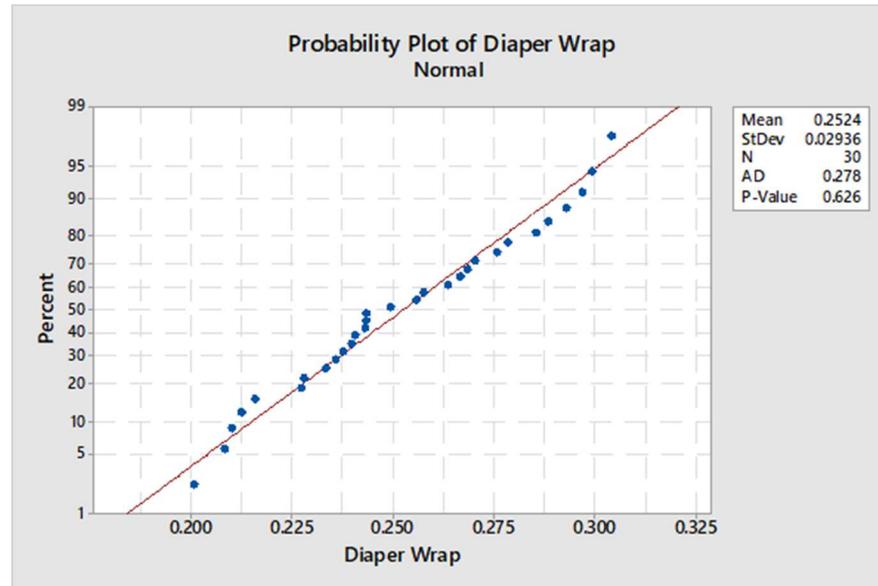
- Fantoni, G., Al-Zubaidi, S. Q., Coli, E., y Mazzei, D. (2020). *Automating the process of method-time-measurement*. International Journal of Productivity and Performance Management, 70(4), 958–982. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-08-2019-0404>
- Fiallos Castillo, R. D. (2015). *Proceso De Ensamblaje De Aviones No Tripulados Para El Centro De Investigación Y Desarrollo De La Fuerza Aérea Ecuatoriana (CIDFAE)*.
- Ganorkar, A. B., Lakhe, R. R., y Agrawal, K. N. (2019). *Methodology for application of Maynard Operation Sequence Technique (MOST) for time-driven activity-based costing (TDABC)*. International Journal of Productivity and Performance Management, 68(1), 2–25. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-06-2017-0156>
- Gervacion Veramendi, J. (2018). *La mejora de procesos y su relación con la productividad, empresa importaciones y exportaciones Felles E.I.R.L.*
- Gozali, L., Daywin, F. J., y Jestinus, A. (2020). *Calculation of labor amount with theory of constraints and line balancing method in Pt. XYZ Fish Crackers factory*. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 852(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/852/1/012092>
- Jayashree, S., Reza, M. N. H., Malarvizhi, C. A. N., Gunasekaran, A., y Rauf, M. A. (2022). *Testing an adoption model for Industry 4.0 and sustainability: A Malaysian scenario*. Sustainable Production and Consumption, 31, 313–330. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2022.02.015>
- Jorge, E., Canales, D., Cadillo, J. M., Alexis, P., Trejo, S., y Pittman, A. (2018). *Revista Científica EPigmalión Enero – Junio 2018* **Revista Científica EPigmalión** Enero – Junio 2018. 8735(2), 75–89.
- Juma'h, A. H. (2015). *Introducción a la Información Contable, Estimación y Aplicación para la Toma de Decisiones*.
- Linares González, V. (2018). *Diagnóstico de averías y mantenimiento correctivo de sistemas de automatización industrial* (IC Editorial (ed.)).
- López Acosta, M., Martínez Solano, G. M., Quirós Morales, A. F., y Sosa Ochoa, J. A. (2011). *Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta*. **Revista El Buzón de Pacioli**, 74, 22.
- Lozano Solís, M. I., Urbano Rivera, D. D., Osegura Trejo, J. D., Soto Tepepa, R. A., y Xixihua Peralta, H. L. (2014). *Principales sistemas de tiempos predeterminados*.
- Manyoma Velásquez, P. C. (2010). *Análisis multicriterio de la valoración del ritmo en el estudio de tiempos*. Industrial Engineering As University

- Third Mission Agent, 2005.
- Martínez Zapata, M. Á., y Colorado Cano, J. G. (2015). *Takt Time, el corazón de la producción*. Vía Innova, 2.
- Mayank Agrawal, Prof. Ranjit Singh, y Rishabh Singhal. (2017). *Productivity Improvement and Capacity Enhancement of an Automobile Industry: A Case Study*. **International Journal of Engineering Research And**, V6(11), 426–433. <https://doi.org/10.17577/ijertv6is110230>
- Meyers, F. E. (2000). *Estudio de tiempos y movimientos para la manufactura ágil*. Pearson Education.
- Michalos, G., Fysikopoulos, A., Makris, S., Mourtzis, D., y Chryssolouris, G. (2015). *Multi criteria assembly line design and configuration - An automotive case study*. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, 9, 69–87. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.01.002>
- Miker, M. C. (2010). *Maquiladoras De Arnases Automotrices: Entre La Producción De Clase Mundial Y La Precariedad Laboral En Juárez*. *Suma de Negocios*, 1(2), 25–42.
- Miño, G., Moyano, J., y Santillán, C. (2019). *Tiempos estándar para balanceo de línea en área soldadura del automóvil modelo cuatro*. *Ingeniería Industrial*, 40(2), 110–122.
- Mishra, A., Agnihotri, V., y Mahindru, D. V. (2014). *Application of Maynard Operation Sequence Technique (M . O . S . T) at Tata Motors and Adithya Automotive Application Pvt Ltd* . Lucknow for enhancement of productivity-A Case Study. **Global Journal of Researchers in Engineering**, 14(2).
- Morlock, F., Kreggenfeld, N., Louw, L., Kreimeier, D., y Kuhlenkötter, B. (2017). *Teaching Methods-Time Measurement (MTM) for Workplace Design in Learning Factories*. *Procedia Manufacturing*, 9, 369–375. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.033>
- Niebel, B. W., y Freivalds, A. (2014). *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*. 586.
- Polanco, X., Jiménez, A., y Rodríguez, J. (2018). *Análisis metodológico para la realización de estudios de métodos y tiempos Methodological analysis for the performance of studies of methods and times*. 1, 3–10.
- Reyes, R. M., Prado, L. R., Aguilera, Á., y Soltero, R. (2011). *Descripción De Los Conocimientos Sobre Factores Humanos Que Causan Accidentes En Una Industria Arnesera Mexicana*. **Revista Electrónica y Tecnológica E-Gnosis**, 9, 1–17.
- Rodríguez Quezada, E., Gallegos-Muñoz, C., Villa Orellana, H., y Ortiz

- Cea, V. (2018). *Prácticas de cálculo de costos en la industria manufacturera Chilena*. *Revista Digital Del Instituto Internacional de Costos*, 99–119.
- Roncancio Avila, M., Reina Moreno, D., Hualpa Zuñiga, A., Felizzola Jimenez, H., y Arango Londoño, C. (2017). *Using learning curves and confidence intervals in a time study for the calculation of standard times*. *Inge Cuc*, 13(2), 18–27. <https://doi.org/10.17981/ingecuc.13.2.2017.02>
- Rosa, E. S., Godina, R., Rodrigues, E. M. G., y Matias, J. C. O. (2022). *An Industry 4.0 Conceptual Model Proposal for Cable Harness Testing Equipment Industry*. *Procedia Computer Science*, 200, 1392–1401. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.01.340>
- Socconini, L., y Martín, J. P. (2019). *Lean Energy 4.0. Guía de implementación* (A. Gibernau (ed.); 1.a). ALFAOMEGA MARGE BOOKS.
- Torrez Quisbert, M. J. (2015). *Propuesta de elaboración de un manual de auditoría para evaluar el control interno relacionado con los costos de producción en industrias alimenticias – La Paz*.
- Vásquez Rojas, L. C. (2017). *Propuesta de mejoramiento de procesos en el área de producción de la empresa panificadora PANARTE a través del estudio de tiempos y movimientos*.

ANEXO #1

1. Diaper wrap



P-value= 0.623 > 0.05

Es posible asumir normalidad.

T de Student

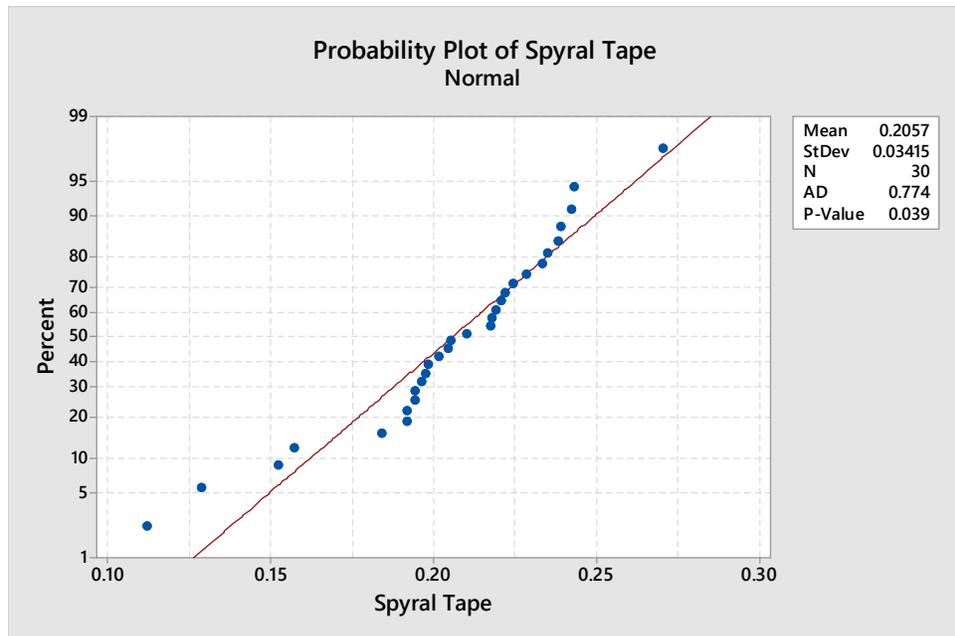
Test of $\mu = 0.25$ vs $\neq 0.25$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Diaper Wrap	30	0.25242	0.02936	0.00536	(0.24146, 0.26339)	0.45	0.655

P-value= 0.655 > 0.05

Sin diferencias en relación con lo cotizado.

2. Spyral Tape



P-value= 0.039 < 0.05

Es posible asumir que no existe normalidad.

Sing test

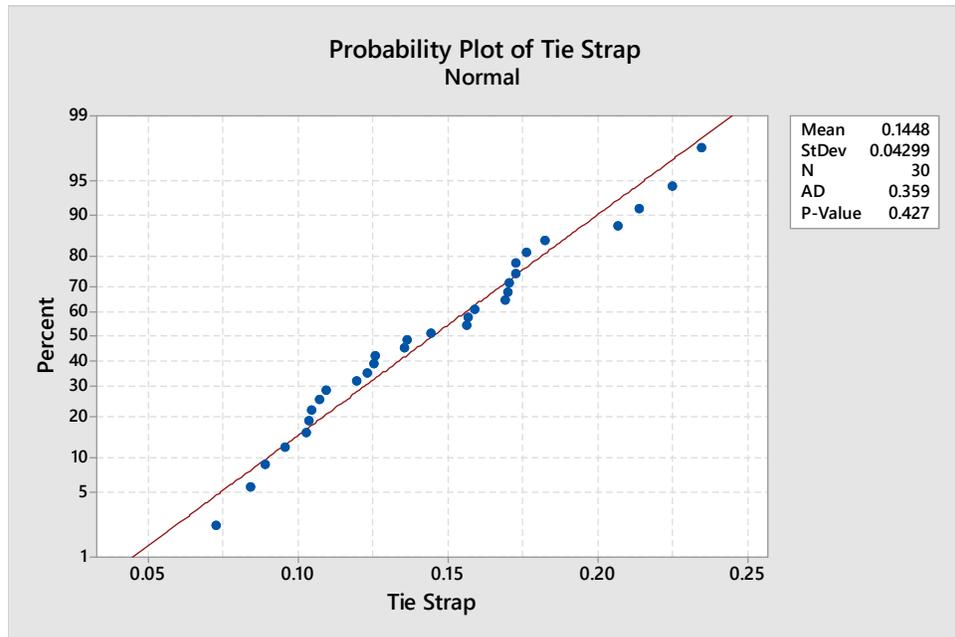
Sign test of median = 0.00000 versus \neq 0.00000

	N	Below	Equal	Above	P	Median
Dif Spyral	30	14	0	16	0.8555	0.00508

P-value= 0.8555 > 0.05

Sin diferencias en relación con lo cotizado.

3. Tie Strap



P-value=0.427 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Tie Strap

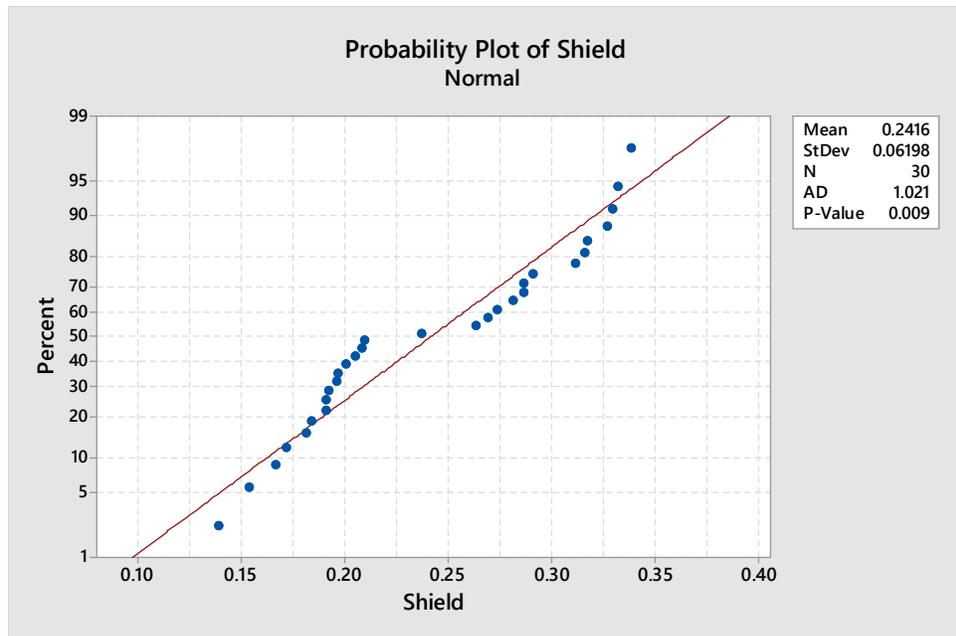
Test of $\mu = 0.15$ vs $\neq 0.15$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Tie Strap	30	0.14476	0.04299	0.00785	(0.12870, 0.16081)	-0.67	0.509

P-value= 0.509 > 0.05

Sin diferencias en relación con lo cotizado.

4. Shield



P-value= 0.009 < 0.05

Es posible asumir que no existe normalidad.

Sign Test for Median: Dif Shield

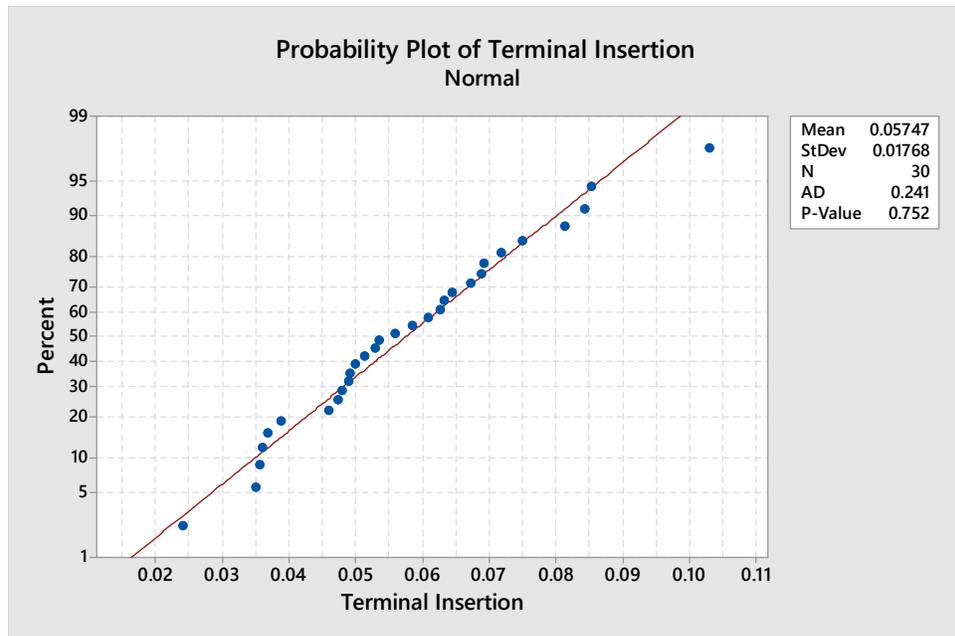
Sign test of median = 0.00000 versus \neq 0.00000

	N	Below	Equal	Above	P	Median
Dif Shield	30	0	0	30	0.0000	0.1167

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

5. Terminal Insertion



P-value=0.752 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Terminal Insertion

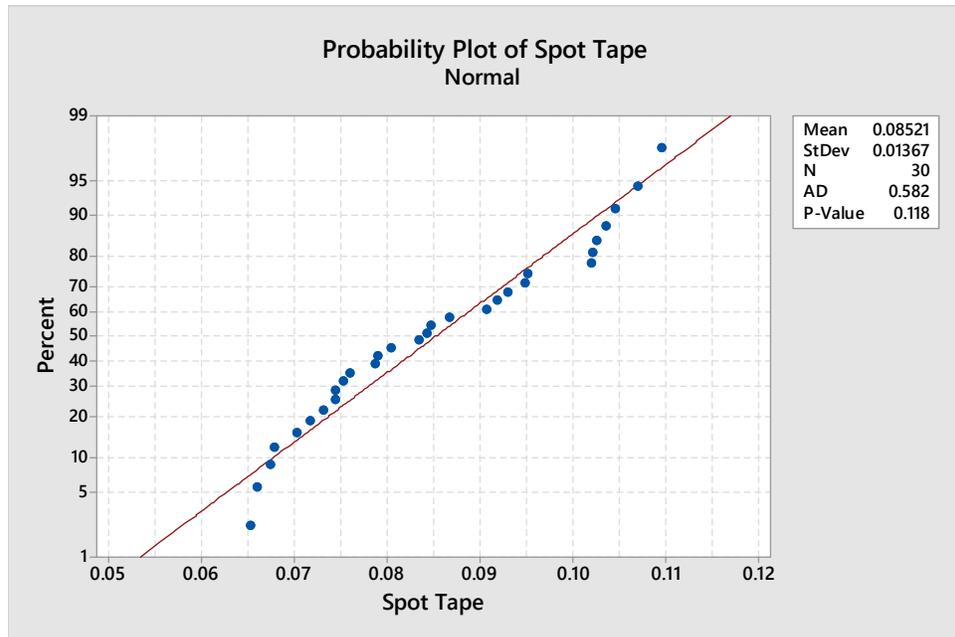
Test of $\mu = 0.021$ vs $\neq 0.021$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Terminal Insertion	30	0.05747	0.01768	0.00323	(0.05087, 0.06408)	11.30	0.000

P-value=0

Se esta subcotizando.

6. Spot Tape



P-value=0.118 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Spot Tape

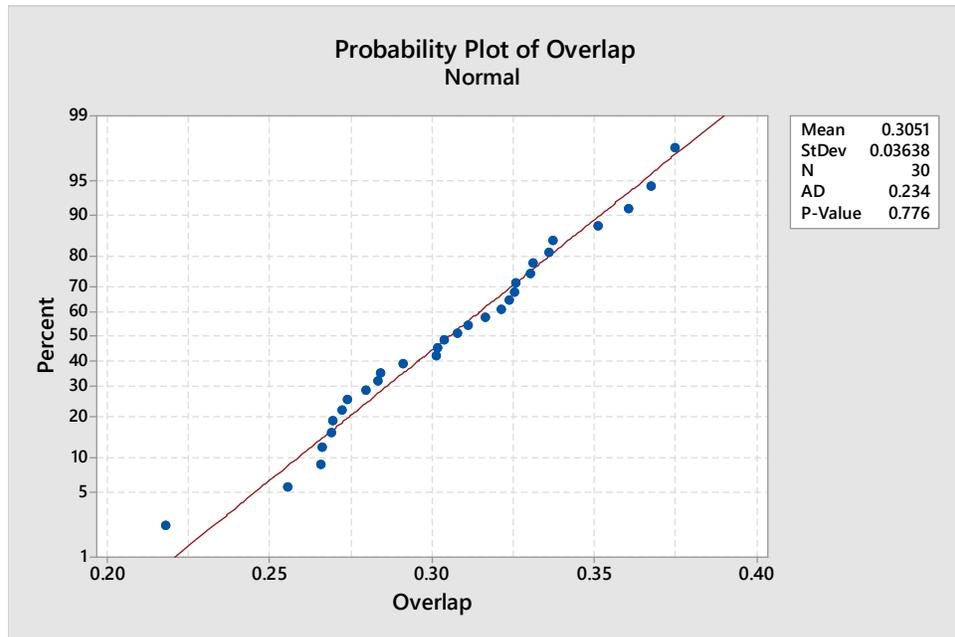
Test of $\mu = 0.15$ vs $\neq 0.15$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Spot Tape	30	0.08521	0.01367	0.00250	(0.08010, 0.09031)	-25.96	0.000

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

7. Overlap



P-value=0.776 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Overlap

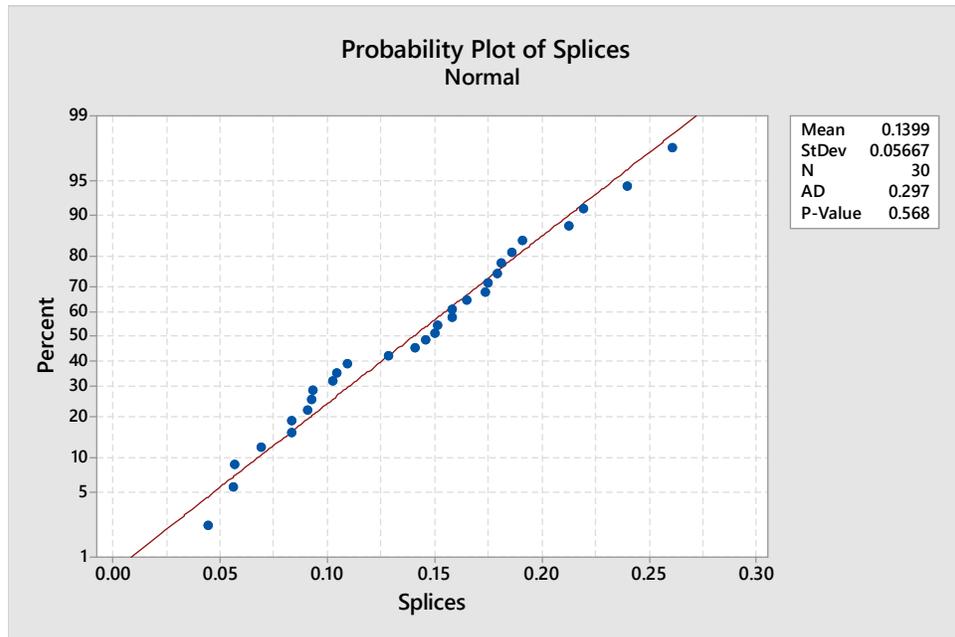
Test of $\mu = 0.3201$ vs $\neq 0.3201$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Overlap	30	0.30514	0.03638	0.00664	(0.29155, 0.31872)	-2.25	0.032

P-value=0.032 < 0.05

Se esta sobrecotizando.

8. Splices



P-value=0.568 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Splices

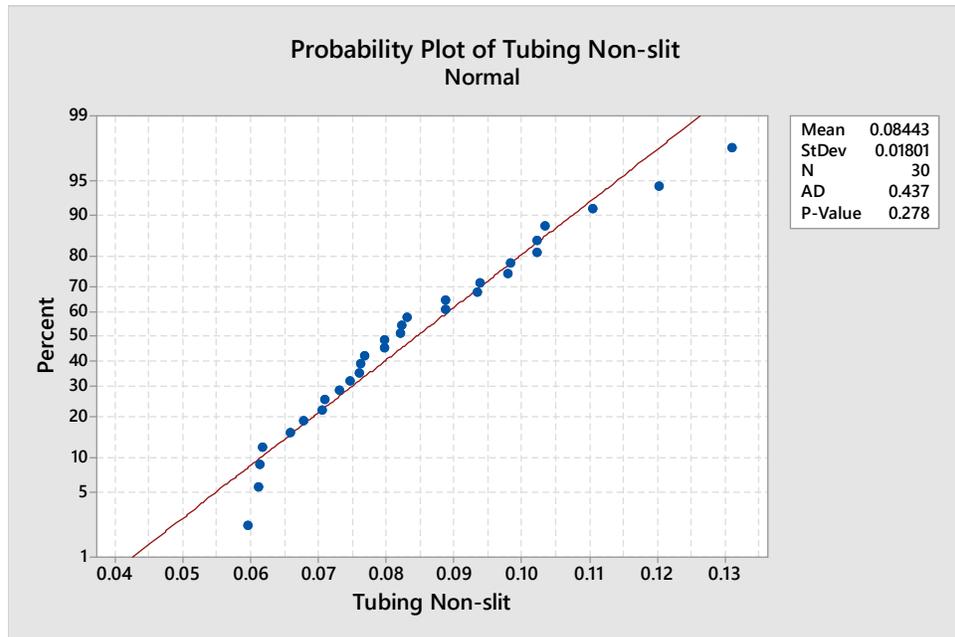
Test of $\mu = 0.147$ vs $\neq 0.147$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Splices	30	0.1399	0.0567	0.0103	(0.1188, 0.1611)	-0.68	0.500

P-value= 0.500 > 0.05

Sin diferencias en relación con lo cotizado.

9. Tubing Non- slit



P-value=0.278 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Tubing Non-slit

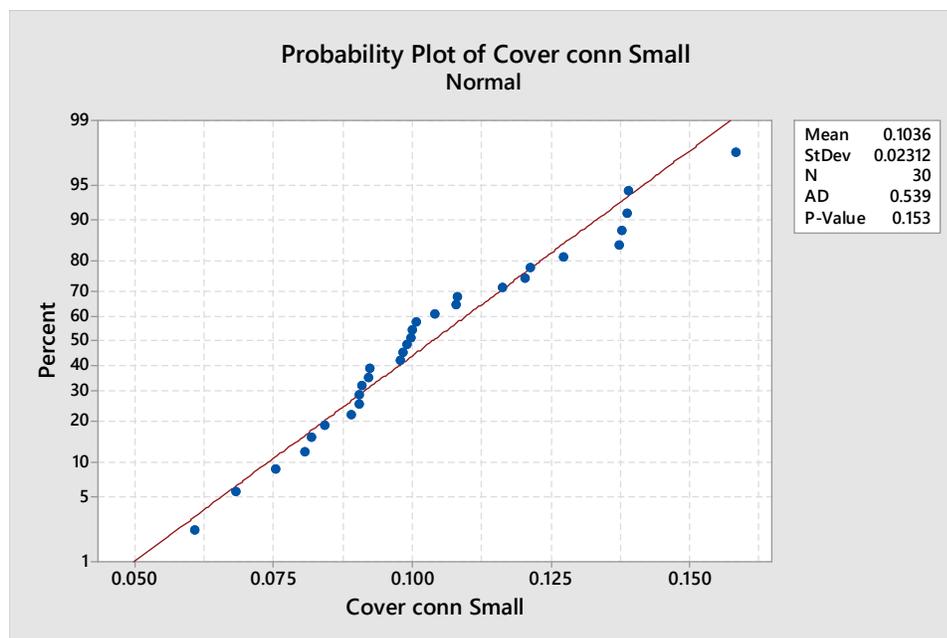
Test of $\mu = 0.235$ vs $\neq 0.235$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T
P						
Tubing Non-slit	30	0.08443	0.01801	0.00329	(0.07771, 0.09116)	-45.80
						0.000

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

10. Cover Connector Small



P-value=0.153 >0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Cover conn Small

Test of $\mu = 0.1$ vs $\neq 0.1$

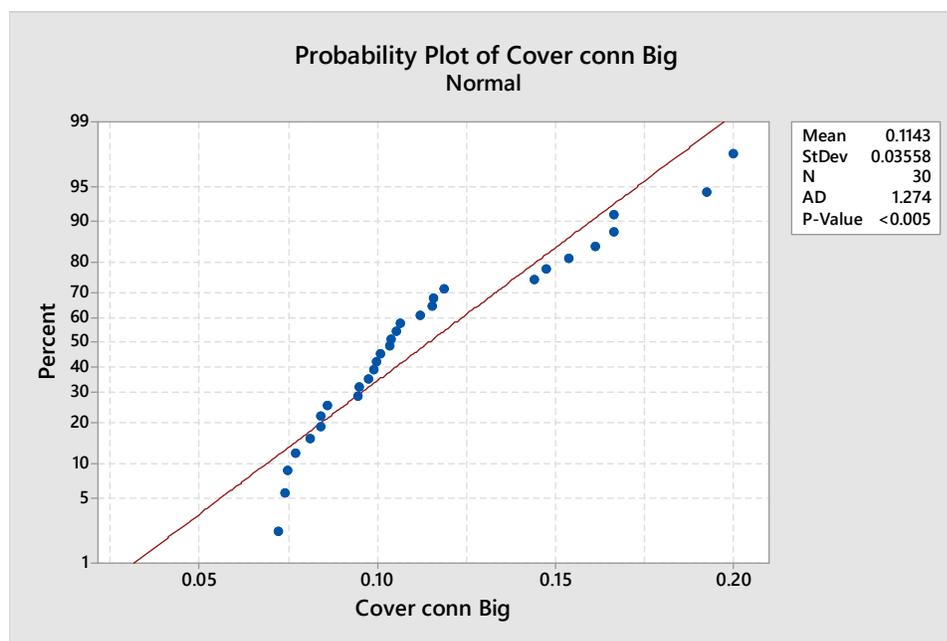
Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T
P						
Cover conn Small	30	0.10357	0.02312	0.00422	(0.09494, 0.11220)	0.85

0.405

P-value= 0.405 > 0.05

Sin diferencias en relación con lo cotizado.

11. Cover Connector Big



P-value=<0.005 <0.05

Es posible asumir que no existe normalidad.

Sign Test for Median: Dif Cover Big

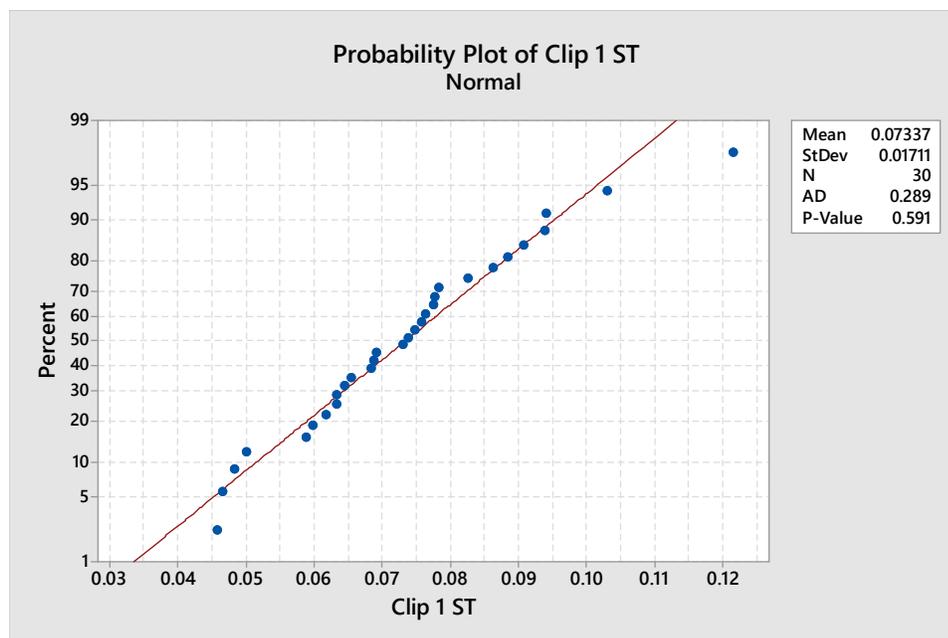
Sign test of median = 0.00000 versus \neq 0.00000

	N	Below	Equal	Above	P	Median
Dif Cover Big	30	6	0	24	0.0014	0.04633

P-value=0.0014 < 0.05,

Se esta sobrecotizando.

12. Clip 1 ST



P-value=0.591>0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Clip 1 ST

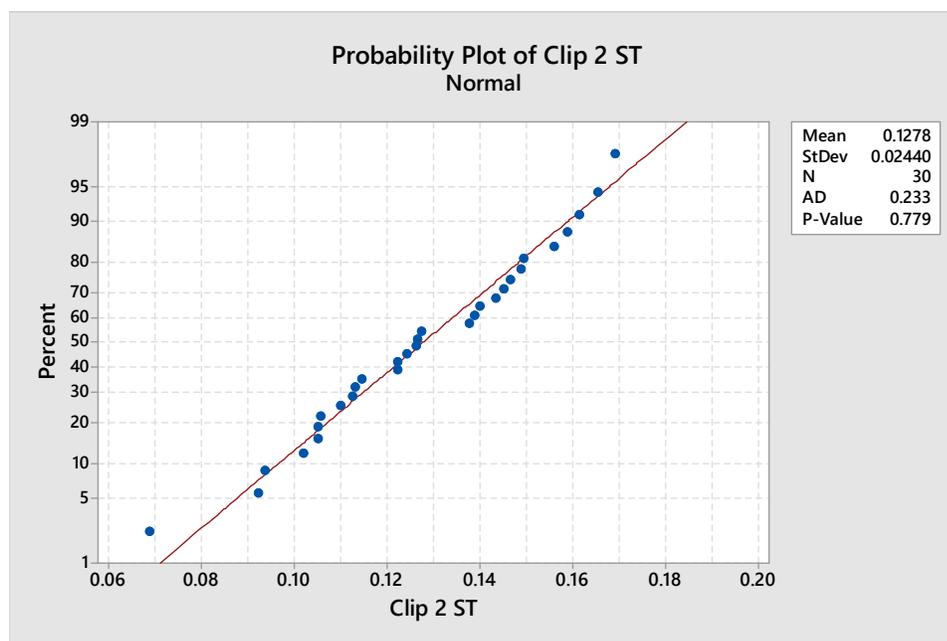
Test of $\mu = 0.2$ vs $\neq 0.2$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Clip 1 ST	30	0.07337	0.01711	0.00312	(0.06698, 0.07976)	-40.52	0.000

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

13. Clip 2 ST



P-value=0.779>0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Clip 2 ST

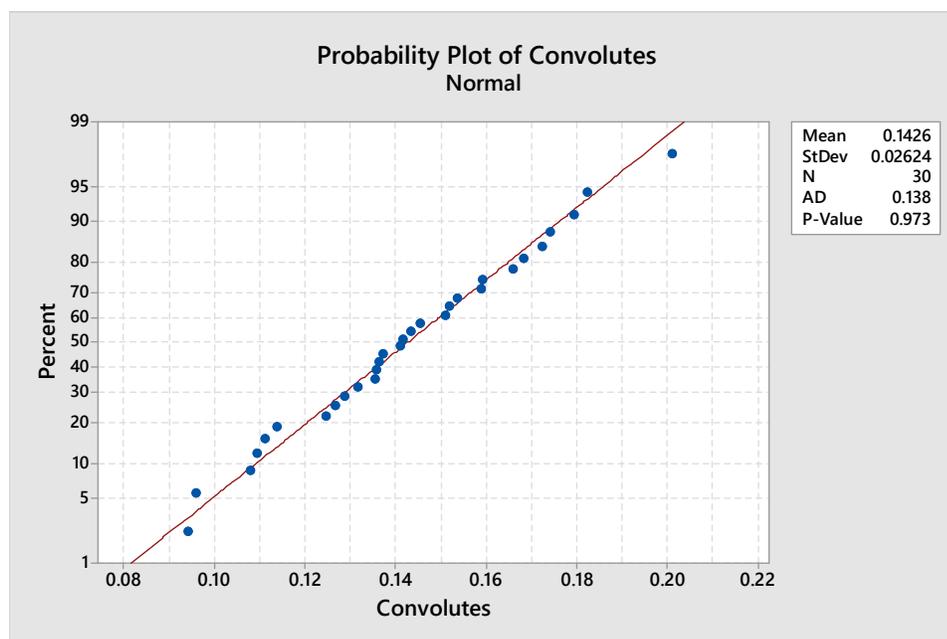
Test of $\mu = 0.3$ vs $\neq 0.3$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Clip 2 ST	30	0.12775	0.02440	0.00445	(0.11864, 0.13686)	-38.66	0.000

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

14. Convolutes



P-value=0.973>0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Convolutes

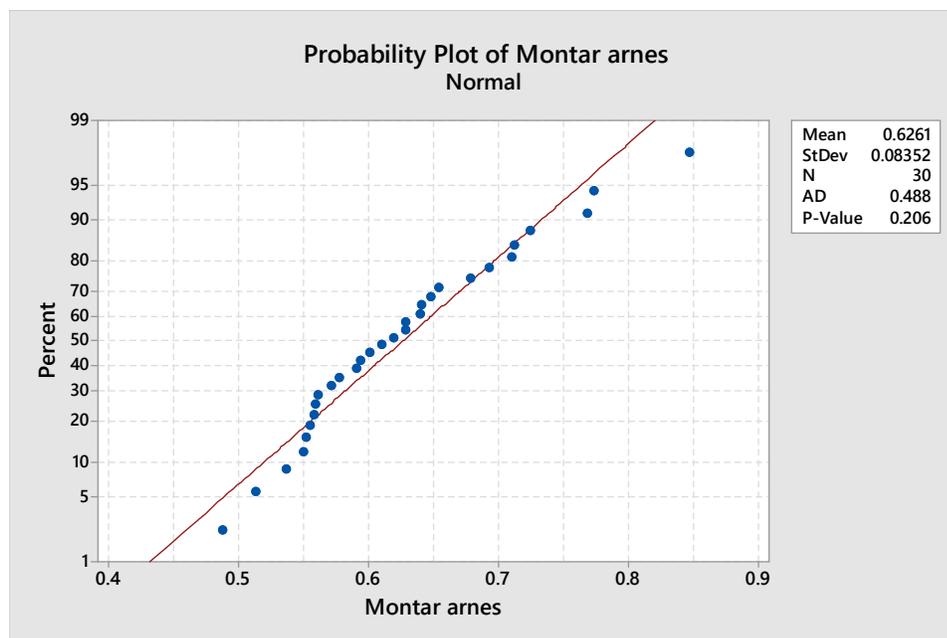
Test of $\mu = 0.1978$ vs $\neq 0.1978$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Convolutes	30	0.14262	0.02624	0.00479	(0.13282, 0.15242)	-11.52	0.000

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

15. Montar arnés



P-value=0.206>0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Montar arnes

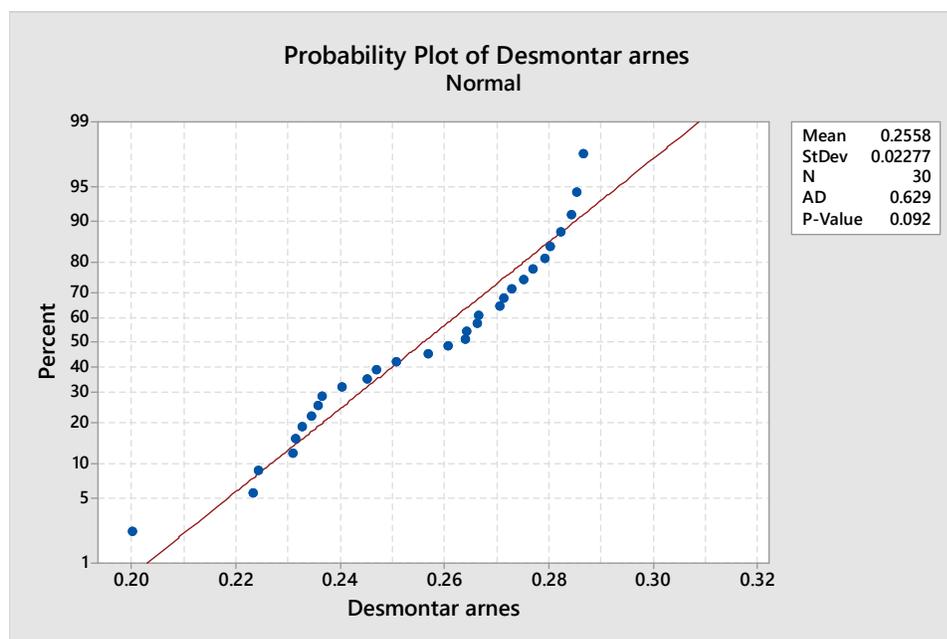
Test of $\mu = 1.03$ vs $\neq 1.03$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T	P
Montar arnés	30	0.6261	0.0835	0.0152	(0.5949, 0.6573)	-26.49	0.000

P-value=0

Se esta sobrecotizando.

16. Desmontar arnés



P-value=0.092>0.05

Es posible asumir normalidad.

One-Sample T: Desmontar arnés

Test of $\mu = 0.2091$ vs $\neq 0.2091$

Variable	N	Mean	StDev	SE Mean	95% CI	T
P						
Desmontar arnés	30	0.25582	0.02277	0.00416	(0.24732, 0.26432)	11.24
						0.000

P-value=0

Se esta subcotizando.