

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

**INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE
SALVATIERRA**



**“AUMENTO DEL VOLUMEN DE PRODUCCION CON
CARACTERISTICAS DE CALIDAD DE SUSPENSIONES
AUTOMOTRICES EN LINEA L21B TWB EN LA EMPRESA
YOROZU AUTOMOTIVE”**

**TITULACIÓN INTEGRAL
(tesis)**

**ELABORADO POR:
SANCHEZ VIGIL ANA SOFIA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO(A) INDUSTRIAL**

**ASESOR:
ING. MARCELA ESPINOSA RODRIGUEZ**

SALVATIERRA, GTO.

JULIO, 2023

FORMATO DE LIBERACIÓN DE PROYECTO PARA LA TITULACIÓN INTEGRAL

Lugar y fecha: 06 de julio de 2023

Asunto: Liberación de proyecto para la titulación integral.

C. Ing. Lizbeth Estefanía Escobar

Jefe(a) de la División de Estudios Profesionales o su equivalente en los Institutos Tecnológicos Descentralizados

PRESENTE

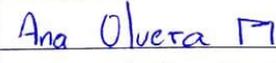
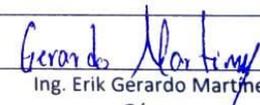
Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

Nombre:	Ana Sofia Sanchez Vigil
Carrera:	Ingeniería Industrial
No. De Control	IN15110150
Nombre del proyecto:	AUMENTO DEL VOLUMEN DE PRODUCCION CON CARACTERISTICAS DE CALIDAD DE SUSPENSIONES AUTOMOTRICES EN LINEA L21B TWB EN LA EMPRESA YOROZU AUTOMOTIVE
Producto:	Tesis

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE


M.C.P. Omar Gil Vázquez

		
MA. Marcela Espinosa Rodriguez Nombre y firma del Asesor	M.I.A Ana Luisa Olvera Montoya Nombre y firma del revisor	Ing. Erik Gerardo Martinez Gómez Nombre y firma del revisor

*Solo aplica en caso de Tesis

Ccp. Expediente



Manuel Gómez Morín No. 300 Comunidad de Janicho, Saltillo, Coahuila, C.P. 25000
38933 Tels. 466 688 06 31 y 466 663 98 00 Ext. XXXX, e-mail:
marosas@itess.edu.mx. tecnm.mx | www.itess.edu.mx



2023
Francisco
VILLA

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios la oportunidad que me ha dado para cumplir mis metas, por estar siempre conmigo y sentir su apoyo en todo momento, y por llenar mi corazón de fortaleza y coraje para seguir siempre adelante, con disciplina, compromiso, paciencia y entrega. Gracias a mi familia por su apoyo incondicional.

El presente trabajo fue realizado bajo la supervisión de la Mtra. Marcela Espinosa, a quien me gustaría expresar mi agradecimiento por la asesoría durante la realización del presente proyecto.

También quisiera agradecer a mis padres por brindarme su apoyo en todo momento.

A todos los que han influido en mi para ser lo que soy y forjarme para convertirme en profesionalista.

DEDICATORIA

A mis padres, como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por mí existencia, valores morales, y formación profesional; porque sin escatimar esfuerzo alguno, han sacrificado gran parte de su vida para formarme, porque nunca podré pagar todos los desvelos ni aun con las riquezas más grandes del mundo, por lo que soy y por todo el tiempo que les robe pensando en mí.

Gracias por ser el pilar fundamental de lo que he logrado y de lo que soy hoy en día, por su apoyo incondicional y por su confianza depositada en mí.

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló en la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V”, en el departamento ensamble y planta pintura, específicamente en el área de ingeniería ensamble. Esta área es responsable de diseñar, desarrollar y establecer los controles a los procesos de producción en líneas de ensamble en atención a las especificaciones del producto y requerimientos del cliente además de mantener vigente la información de acuerdo a los cambios que se puedan presentar a los procesos.

Mediante el diseño e implementación de un plan de mejoramiento y balanceo de líneas de producción además de una estandarización de trabajo en la línea de producción L21B TWB se propone aumentar el nivel de producción y disminuir los defectos en las piezas fabricadas.

Se realizó un análisis de eficacia real y actual de producción, generando un estudio de tiempos maquina/ talento humano, redistribución de maquinaria y equipo.

Para ayudar a la identificación temprana de estaciones de trabajo se generaron ayudas visuales. Además, haciendo un balanceo de líneas, y estandarizando el trabajo por medio de una actualización de plan de control y AMEF se incrementó el volumen de producción.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIA	V
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	XIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
CAPITULO 1. DATOS GENERALES.....	19
1.1 Planteamiento del problema.....	19
1.2 Objetivo general	20
1.3 Objetivos específicos	20
1.4 Justificación.....	20
1.5 Hipótesis	21
1.6 Alcance del proyecto	21
1.7 Limitaciones del proyecto.....	21
1.8 Descripción detallada de actividades	22
1.9 Lugar e información donde se realizará el proyecto.....	23
1.10 Información sobre la empresa	25

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA.....	26
2.1 Fundamentos teóricos.....	26
2.1.1 Fundamentos del proyecto.....	26
2.2 Filosofía de la empresa.....	29
2.2.1 Misión.....	30
2.2.2 Visión.....	30
2.2.3 Valores.....	30
2.3 Tecnología actual de la empresa.....	33
CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO.....	38
3.1 Producción.....	38
3.1.1 Modelos de sistemas de producción.....	38
3.1.1.1 Clasificación de los sistemas productivos.....	38
3.1.2 Volumen de producción.....	39
3.2 Estudio de tiempo.....	39
3.2.1 Métodos para el estudio de tiempos.....	39
3.3 Eficacia.....	40
3.4 Eficiencia.....	40
3.5 Distribución.....	41
3.5.1 Redistribuir.....	41

3.5.1.1	Ventajas de tener una buena distribución.....	41
3.5.1.2	Tipos de distribución	42
3.6	<i>Lay out</i>	43
3.7	Ayudas visuales	43
3.7.1	Función.....	43
3.8	Calidad	44
3.8.1	Importancia de la calidad.....	44
3.8.2	Pruebas de calidad de soldadura	44
3.8.3	Pruebas destructivas para Soldadura.....	46
3.9	Balanceo de línea.....	47
3.9.2	Objetivos del Balanceo de líneas	47
3.9.3	Beneficios.....	48
3.9.4	Procedimiento	48
3.10	Plan de control	48
3.10.2	Beneficios.....	49
3.10.3	Elementos de plan de control	49
3.11	AMEF	50
3.11.2	Tipos de AMEF.....	50
3.11.2.1	AMEF de proceso	51

3.11.3	Cuerpo del AMEF	51
3.12	Estandarización de trabajo	56
3.12.2	Beneficios	56
3.13	Efectividad.....	57
3.13.2	Principio de la efectividad.....	57
3.13.3	Formula de efectividad	57
3.13.4	Gráfico de barras.....	58
3.13.4.1	Estructura del gráfico de barras	58
3.15	Costos	58
3.14.2	Costos de producción.....	58
3.14.3	Tipos de costos	59
3.15	Gráfico de pastel	59
3.15.2	Estructura del gráfico de pastel	59
CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA		61
4.1	Enfoque de investigación	61
4.2	Tipo de investigación.....	61
4.2.1	Investigación aplicada	61
4.2.2	Investigación no experimental	62
4.2.1.1	Investigación longitudinal	62

4.3	Instrumentos y técnicas de recolección de datos	62
4.3.1	Observación.....	62
4.4	Población y muestra.....	63
4.4.1	Muestreo	63
4.4.1.1	Elementos de la fórmula de tamaño de muestra	63
4.4.2	Tipos de muestreo.....	64
4.5	Método	67
4.5.1	Cálculo del tiempo real de la línea de producción	67
4.5.2	Reducción del tiempo de inactividad no planificado, operativo y maquina	72
4.5.3	Medición de la calidad del producto.....	79
4.5.4	Evaluación de los resultados obtenido	91
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....		94
5.1	Cálculo del tiempo real de la línea de producción	94
5.2	Reducción el tiempo de inactividad no planificado, operativo y maquina	102
5.3	Medición de la calidad del producto	106
5.4	Evaluación de los resultados obtenido	117
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		130
	<i>Conclusiones</i>	130

<i>Recomendaciones</i>	132
Bibliografía.....	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos generales de la empresa	25
Tabla 2 Tecnología actual de la empresa (maquinaria y equipo)	33
Tabla 3 Tecnología actual de la empresa (Softwares o programas).....	36
Tabla 4 Grados de severidad.....	53
Tabla 5 Grados de detección.....	54
Tabla 6 Grados de ocurrencia	55
Tabla 7 Formato de timing chart	70
Tabla 8 Parámetros de inspección de cordón.....	80
Tabla 9 Formato de AMEF.....	84
Tabla 10 Fragmento 1 de ejemplo de AMEF	85
Tabla 11 Fragmento 2 de ejemplo de AMEF	86
Tabla 12 Formato de plan de control	89
Tabla 13 Fragmento 1 ejemplo resuelto de plan de control	90
Tabla 14 Números aleatorios de piezas por hora	94
Tabla 15 Toma de tiempos reales	96
Tabla 16 Timing chart inicial	98
Tabla 17 Tiempos planeados.....	100

Tabla 18 Tiempos reales	100
Tabla 19 Inspección de cordones	109
Tabla 20 Porcentaje de defectos	111
Tabla 21 Toma de tiempos final.....	117
Tabla 22 Timing chart final.....	119
Tabla 23 Comparativa tiempo operador.....	119
Tabla 24 Comparativa tiempo maquina	120
Tabla 25 Producción anterior por hora	124
Tabla 26 Producción mejorada por hora.....	124
Tabla 27 Incremento obtenido de la mejora.....	125
Tabla 28 Inspección de cordones final.....	127
Tabla 29 Porcentaje de defectos	128

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Vista frontal de la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V”	23
Ilustración 2 Lay out inicial.....	73
Ilustración 3 Operación 1” colocación de piezas en blank”	74
Ilustración 4 Operación 2 "soldadura"	75
Ilustración 5 Operación 3 "Escaneo"	75
Ilustración 6 Operación 4 "Pieza terminada"	76
Ilustración 7 Formato de ayuda visual	78
Ilustración 8 Lay out propuesto.....	103
Ilustración 9 Ayuda visual 1	104
Ilustración 10 Ayuda visual 2	105
Ilustración 11 Resultados de ultrasonido cordón 1 y 2	107
Ilustración 12 Resultado de ultrasonido cordón 3 y 4	108
Ilustración 13 Fragmento de tabla de inspección de cordones	109
Ilustración 14 Ejemplo de defectos	110
Ilustración 15 Porcentaje de piezas defectuosas.....	112
Ilustración 16 Código de programación	113

Ilustración 17 AMEF fragmento 1	114
Ilustración 18 AMEF fragmento 2	114
Ilustración 19 AMEF fragmento 3	115
Ilustración 20 Plan de control fragmento 1.....	115
Ilustración 21 Plan de control fragmento 2.....	116
Ilustración 22 Grafica de comparativa tiempo operador	120
Ilustración 23 Grafica comparativa tiempo maquina	121
Ilustración 24 Costo de FR UPR.....	123
Ilustración 25 Incremento de la mejora	126
Ilustración 26 Resultado final de ultrasonido cordón 1 y 2.....	127
Ilustración 27 Resultado final de ultrasonido cordón 3 y 4.....	128
Ilustración 28 Porcentaje final de piezas defectuosas	129

INTRODUCCIÓN

La producción total de una empresa es el resultado de la conjunción de todos los factores productivos. Si se aumenta la cantidad aportada de todos los factores, la producción aumentará indefinidamente. Es decir, aprovechar al máximo los recursos capitales en los que hemos invertido para maximizar la salida de nuestra planta. Si aumentamos la producción, podemos hacer de mejor manera estrategias de economías de escala, por lo que el costo unitario de nuestros productos bajaría y nuestra productividad subiría

La calidad dentro de una empresa también es un factor importante ya que en la actualidad es necesario cumplir con los estándares de calidad para poder competir en un mercado cada vez más exigente; por ello en el presente trabajo se busca el incremento de volumen de producción sin afectar la calidad en la líneas del proyecto L21B TWB en la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V”, donde en el capítulo 1 se puede observar los datos generales del proyecto que es el planteamiento del problema, y los objetivos a implementar para solucionar la problemática identificada en el proyecto, justificando los objetivos y describiendo las actividades a desarrollar para el cumplimiento de estos, además de las ventajas y desventajas de la implementación de dichas actividades.

En el capítulo 2 se hablará de los fundamentos teóricos para la ejecución del proyecto, es decir los documentos que ayudaran en la realización del trabajo de investigación.

El capítulo 3 una de las fases más importantes de un trabajo de investigación, consiste en desarrollar el marco teórico, como su nombre lo indica la teoría que va a fundamentar el proyecto con base al planteamiento del problema que se pretende solucionar.

En el capítulo 4 se incluyen los aspectos metodológicos aplicados en la investigación y desarrollo del trabajo, así como la descripción de las características de las actividades.

En el capítulo 5 veremos los hallazgos principales de la investigación realizada, en él se presentan los resultados del proyecto de investigación con una comparativa de lo antes analizado.

CAPITULO 1. DATOS GENERALES

1.1 Planteamiento del problema

La empresa Yorozu Automotive es una empresa japonesa de giro automotriz, dedicada a la fabricación de suspensiones.

Yorozu llegó a México y establece su primera planta en Aguascalientes que tiene como nombre “Yorozu Mexicana S.A de C.V” (YMEX), fundada el 08 de Febrero de 1993. Para el año 2012, funda su segunda planta en nuestro país a partir del 05 de Julio ubicada en Apaseo el Grande, Gto, llamada “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V” (YAGM).

El desarrollo de este trabajo es en la planta “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V” en el proyecto L21B TWB donde se fabrican 4 modelos de partes de la suspensión; el RR UPR 55403, RR LWR 55408, FR UPR 54403 Y FR LWR 54405 para nuestra empresa hermana YMEX.

La problemática identificada es que el nivel de producción de la línea L21B trabaja debajo de la capacidad para la que fue diseñada que es de 54.34 piezas por hora fabricando 991.86 piezas por día en un tiempo estimado de producción de 18.25 horas al día con una eficacia del 90% considerando el tiempo total indirecto (abastecimiento de magazine, cambios de electrodos, limpieza de boquilla y limpieza de partes de cobre) para satisfacer la demanda requerida por el cliente que es de 20333.33 piezas por mes, pero la línea produce solamente 43 piezas por hora por ende no satisface la demanda del cliente.

Debido a que los procesos de la línea de producción son nuevos en la empresa, no se cuenta con parámetros específicos de control, como lo es una estandarización de trabajo.

Además de que los operadores no cuentan con conocimiento previos de correcto flujo de proceso en la línea, ni conocen la existencia de plan de control y AMEF de proceso por ende no pueden acceder a dichos documentos para facilitar su trabajo y no tienen herramientas de ayuda en el área de trabajo.

1.2 Objetivo general

Aumentar volumen de producción con características de calidad de los componentes para suspensiones de proyecto L21B TWB.

1.3 Objetivos específicos

1. Calcular el tiempo real de la línea de producción.
2. Reducir el tiempo de inactividad no planificado, operativo y máquina.
3. Medir la calidad del producto.
4. Evaluar los resultados obtenidos.

1.4 Justificación

El presente trabajo permitirá mostrar las mejoras implementadas en la línea de producción L21B llevando a cabo las tareas que permitieran resolver de manera eficiente la problemática previamente argumentada.

Con la ejecución del plan de acción la nueva línea de producción trabajará a la capacidad que fue diseñada, logrando que las partes cumplan con la calidad especificada, con esto se disminuirán las demoras por lo tanto se incrementara la producción, incrementando de igual manera las ganancias. Documentando todo el proceso y parámetros de este para dejar la línea lista para producción masiva.

1.5 Hipótesis

La implementación de estudio de tiempos, el balanceo de línea además de la estandarización de trabajo aumenta el volumen de producción en línea L21B sin afectar su calidad.

1.6 Alcance del proyecto

Mediante el diseño e implementación del plan de mejoramiento y balanceo de líneas de producción además de una estandarización de trabajo en línea de producción L21B TWB en la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México, S.A DE C.V” se propone aumentar el nivel de producción y sin afectar la calidad de las piezas fabricadas, realizando un análisis de eficacia real y actual de producción, generando un análisis de tiempo maquina/ talento humano, una redistribución de maquinaria y equipo, realización de ayudas visuales, también generando un balanceo de líneas, y estandarizando el trabajo por medio de una actualización de plan de control y AMEF de proceso.

1.7 Limitaciones del proyecto

Las limitantes con las que se cuentan son:

- Poca experiencia en el área de trabajo.
- No contar con estándares definidos de control de calidad.
- El capital, ya que cualquier mejora produce costos en el proceso.
- Poca disposición al cambio tanto del director general como de los trabajadores.
- Falta de materia prima por parte de proveedores internos.
- Tiempo para la culminación del proyecto.
- Mala comunicación interna.

1.8 Descripción detallada de actividades

Objetivo 1

“Calcular el tiempo real de la línea de producción”

- A. Realizar un estudio de tiempo máquina.
- B. Realizar un estudio de tiempos de talento humano en línea de producción.
- C. Calcular de eficacia de la línea, talento humano y tiempo máquina.
- D. Calcular la eficiencia de la línea.

Objetivo 2

“Reducir el tiempo de inactividad no planificado, operativo y maquina”

- E. Redistribuir la maquinaria y herramienta.
- F. Actualizar *lay out* de línea.
- G. Realizar ayudas visuales en el área productiva.

Objetivo 3

” Medir la calidad del producto”

- H. Medir la calidad del producto.
- I. Balancear la línea de producción.
- J. Estandarización de trabajo por medio de plan de control y AMEF de proceso.

Objetivo 4

“Evaluar los resultados obtenido”

- K. Generar una comparativa de efectividad diseñada contra la real.
- L. Calcular el costo actual de producción.
- M. Evaluar la calidad del producto

1.9 Lugar e información donde se realizará el proyecto

La implementación de estrategias para el aumento de volumen de producción de los componentes para suspensiones de proyecto L21B TWB se llevará a cabo en la empresa llamada “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V” (YAGM), la cual tuvo su arranque de producción en octubre de 2013. Esta última se ubica en Av. Amistad #102 Parques Industriales Amistad Bajío, Apaseo el Grande, Guanajuato México C.P. 38160. y cuenta con el número telefónico 413-158-6400.

En la ilustración 2 se muestra una vista frontal de la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V “



Ilustración 1 Vista frontal de la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V”

Fuente: https://www.google.com/maps/@20.5451464,-100.727922,3a,75y,180.85h,90t/data=!3m6!1e1!3m4!1st8-12myh68TFa_Ruzur8Q!2e0!7i13312!8i6656

promedio

Como indica la ilustración 3, se puede observar una vista satelital de la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V “

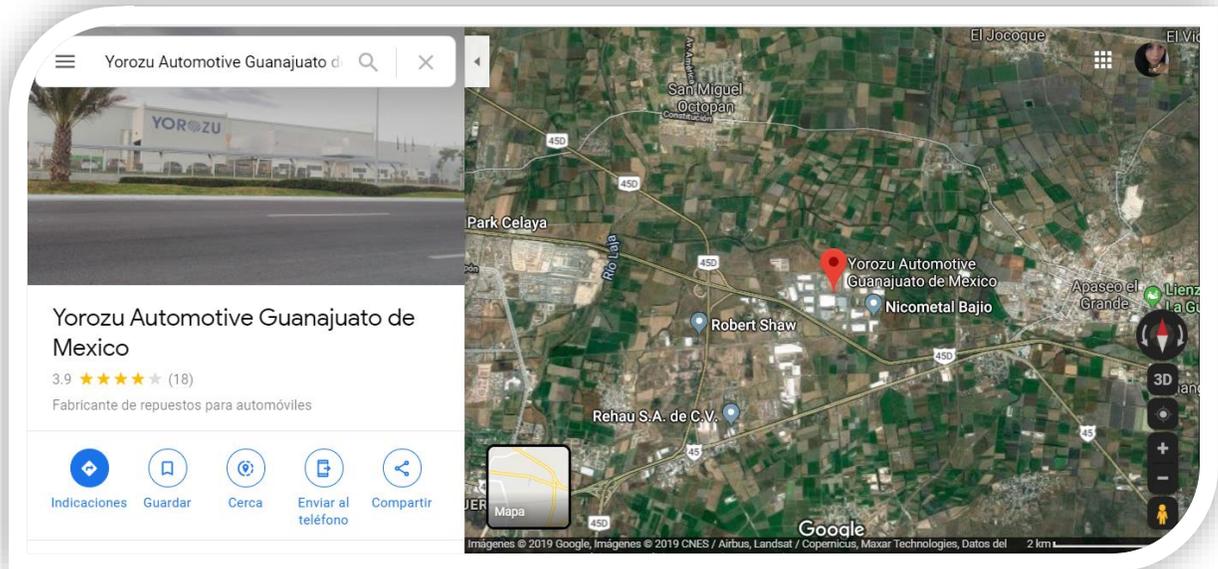


Ilustración 3 Vista satelital de la empresa “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V”

Fuente:<https://www.google.com/maps/place/Yorozu+Automotive+Guanajuato+de+Mexico/@20.544532,100.7627856,8914m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x842cb194b167da95:0x9284ef3e8674d385!8m2!3d20.5445392!4d-100.7276569>

1.10 Información sobre la empresa

En la Tabla 2, se muestran los datos más importantes de la empresa, entre ellos está, el giro y el RFC.

Tabla 1 Datos generales de la empresa

DATOS GENERALES DE LA EMPRESA	
Nombre	<i>“Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A. DE C.V.”</i>
Giro	<i>Automotriz</i>
Domicilio	<i>Av. Amistad No. 102, Parque Industrial Amistad Bajío, Apaseo el Grande, GTO.</i>
Teléfono	<i>413-158-6400</i>
E-mail	<i>laura.ramirez@yorozumex.com</i>
RFC	<i>YAG120309888</i>
Nombre del contacto	<i>Laura Ramírez Tamayo</i>

Fuente: ITESS

CAPÍTULO 2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 Fundamentos teóricos

2.1.1 Fundamentos del proyecto

- “Estudio de tiempos y movimientos para incrementar la eficiencia en una empresa de producción de calzado”

Dicha investigación se aplicó al proceso de batido de una planta de producción de helados de la empresa Deli helados, ubicada en Bogotá, Colombia. En ella existe un inadecuado uso del personal en el balanceo de las líneas de batido. Se analizaron los tiempos del proceso de batido de los sabores y presentaciones que representan el 80% de las ventas, los cuales son Cubetas retornables, Cubeta transparente Perú y Litros, con el fin de hallar los cuellos de botella y establecer estrategias que reduzcan los tiempos. Los resultados evidencian que el cuello de botella es la actividad de llenado, así como sus limitantes en cuanto a las variables eficiencia (63%, 64% y 63%) y número de operarios (3, 3 y 4)). Además, se pudo determinar que, balanceando las líneas de las presentaciones analizadas, hay una oportunidad potencial de mejorar la eficiencia y los recursos usados en estas (André Gianfranco Alfaro Pacheco, 2020).

- “Sistema para el cálculo de la efectividad y la eficiencia del proceso de integración de la gestión de la ciencia, la innovación tecnológica y el medio ambiente a escala territorial”

Se presenta como resultado un Sistema para el cálculo de la efectividad y la eficiencia del proceso de integración de la gestión de la ciencia, la innovación tecnológica y el medio ambiente a escala territorial, desarrollado en la provincia de Cienfuegos, Cuba (Estudio de Caso). Su objetivo es evaluar a ese nivel la efectividad y la eficiencia alcanzada en la implementación de un modelo dinámico para ordenar las interfases e integrar la gestión de estas dimensiones. Se utilizó como método de investigación la consulta de expertos, a partir de cuyos resultados se definen los

aspectos a tomar en consideración para diferenciar el comportamiento del sistema en correspondencia con la aptitud que expresen las organizaciones para poder integrar la gestión de dichas dimensiones a través de las interfases. La evaluación del sistema vale como una herramienta novedosa en la validación del proceso de gestión integrada y, además, aplicable a otros procesos similares. Fundamentos para el desarrollo del proyecto (Nelson Arsenio Castro Perdomo, 2018).

- “Radicación y distribución de planta (*lay out*) como gestión empresarial”

La distribución en planta pretende encontrar la ordenación de áreas de trabajo y equipo del modo más eficiente y adecuado. El objetivo fue realizar un diseño de redistribución de planta en una empresa dedicada a la fabricación de estructuras metálicas. Para lograr la correcta reubicación de los equipos y obtener una distribución más funcional de la maquinaria y equipo, se utilizó el método Planeación Sistemática de la Distribución, considerando las distancias existentes entre diversos departamentos para disminuirlas al máximo, se establecieron códigos de cercanía entre distintos espacios con la finalidad de crear un flujo correcto en la fabricación de productos. Se realizaron tres distintas propuestas de redistribución de planta, estas fueron evaluadas con el método carga distancia, la propuesta que resultó más conveniente es la número tres la cual obtuvo una valoración de 9700.95 metros-unidad esto implica un ahorro total de 4,330.6 metros-unidad al implementar el diseño de redistribución propuesto (Jorge Tomás Gutiérrez Villegas, 2021).

- “Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas”

En una línea de fabricación es muy importante que los tiempos de ciclo de las diferentes estaciones estén balanceados y que sean bajos, ya que esto permite disminuir los inventarios de producto en proceso, sin embargo, hacer esto conlleva a aumentar el número de estaciones, lo que no es favorable ya que eleva los costos fijos

asociados a las estaciones, en tal sentido es necesario definir estrategias que permitan lograr un equilibrio entre estos requerimientos.

En este artículo se propone la formulación de un modelo para el balanceo de línea, utilizando la técnica de programación multiobjetivo por metas, aplicada a la industria farmacéutica con el fin de minimizar el número de estaciones, minimizar el tiempo de ciclo y el inventario en proceso.

Se emplea la programación por metas para abordar un modelo de balance de línea, que considera al mismo tiempo la asignación de múltiples estaciones una operación y la asignación de múltiples operaciones a una estación (Orejuela Cabrera Juan Pablo, 2019).

- “Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz”

La experiencia de aplicación que en este trabajo se expone, refiere a la herramienta AMEF (Análisis del Modo y Efecto de Falla potencial) en el caso de una empresa en el estado de Querétaro, México, proveedora de importantes clientes del sector automotriz. Ante ciertos requerimientos de calidad, se indica implementar la identificación de fallas potenciales; lo que implicó, en este caso particular, enfocar no sólo las competencias supuestas, por parte de los agentes implicados; sino también aspectos organizacionales y de capacitación al área operativa. Esto mismo sugiere las posibilidades para orientar el AMEF como un documento vivo en la línea, que además de prevenir posibles rechazos, también permita el desarrollo de alternativas hacia la mejora y la innovación, por parte de los responsables de la calidad durante el proceso, como de los responsables de su aseguramiento en otras áreas de la empresa (MONTALBAN-LOYOLA, 2019).

Para el desarrollo del trabajo de investigación el proyecto L21B TWV se tiene previamente un plan de control, AMEF de proceso, diagrama de flujo de proceso, *timing chart* y matriz de características.

Estos documentos resumen los pasos necesarios para completar una tarea o proceso, en este caso todo lo relacionado con L21B. Es una documentación interna y continua del proceso mientras se lleva a cabo; en la documentación es más importante el "cómo" de la implementación que el "cuánto" del impacto del proceso, ya que un negocio es esencialmente un grupo de procesos interrelacionados, y si estos procesos no están documentados por escrito, puede haber inconvenientes.

Las empresas tienen procesos repetibles que son clave para que sus operaciones sean exitosas, por lo que estos documentos de proceso sirven como una guía fundamental de referencia para todos los involucrados en el proyecto.

2.2 Filosofía de la empresa

El corporativo Yorozu Automotive se ha esforzado por ganar la confianza de los fabricantes de automóviles de todo el mundo desde abril de 1948.

Inicia en la ciudad de Yokohama Japón con el nombre de *Sakai Automotive Industry*, como un pequeño taller para la fabricación de piezas de refacciones de las líneas de producción de NISSAN de partes componentes para las suspensiones de los vehículos Datsun, por un joven japonés llamado *Rokuro Shido*.

Años más tarde instalan otras plantas en otras localidades del mismo Japón para facilitar el suministro a sus clientes:

Diciembre 1959: Nueva planta (actualmente la oficina central) establecida en el Barrio *Kohoku*, Ciudad de *Yokohama*.

Junio 1968: Se estableció la planta en la ciudad de Oyama (ahora *Yorozu Tochigi*).

Enero 1977: Se crea la fábrica de *Nakatsu* (ahora *Yorozu Oita*) establecida en la ciudad de *Nakatsu*.

Septiembre 1986: Se establece *Calsonic Yorozu Corporation*, una empresa conjunta con *Nippon Raditer*.

En 1990 la compañía cambia su nombre de *Sakai Automotive Industry* a *Yorozu*.

Fue 45 años después que *Yorozu Automotive* llegó a México y establece su primera planta en Aguascalientes que tiene como nombre “Yorozu Mexicana S.A de C.V” (YMEX), fundada el 08 de Febrero de 1993.

Y para el año 2012, el clúster automotriz más grande de México ubicado en Guanajuato, se fortalece con la llegada de la empresa *Yorozu Automotive*, pues dicha empresa funda su segunda planta en nuestro país a partir del 05 de Julio ubicada en Apaseo el Grande, Gto. llamada “Yorozu Automotive Guanajuato de México S.A de C.V” (YAGM), la cual tuvo su arranque de producción en octubre de 2013.

2.2.1 Misión

La empresa YOROZU tiene como misión proporcionar a sus clientes productos para suspensiones y partes automotrices de alta calidad que contribuyan a la satisfacción y seguridad de las personas que utilizan vehículos.

2.2.2 Visión

La empresa no cuenta con una visión definida.

2.2.3 Valores

1. Seguridad

Pretendemos minimizar los riesgos y garantizar seguridad y protección tanto a los trabajadores como a nuestros clientes finales.

2. Responsabilidad

Seremos responsables de cumplir los acuerdos que nos estipula el cliente así mismo en las fechas establecidas.

3. Cuidado en el medio ambiente

Buscamos promover acciones positivas que estimulen un uso racional de los recursos naturales para lograr un equilibrio ecológico.

4. Calidad

Ser eficientes y eficaces en el servicio que se presta, aplicando procesos con los más altos estándares de calidad.

2.2.4 Política integral

La dirección General de la Empresa, define su Política Integral de Seguridad, Salud, Calidad y Ambiental, declarando:

Que ofrece realizar acciones necesarias para que en todas sus actividades sea primero la seguridad, salud, calidad y medio ambiente, ofreciendo productos de la más alta calidad que nos permite obtener la confianza del cliente, estableciendo un pensamiento de administración de riesgos y oportunidades en nuestros procesos para prevenir daños y enfermedades en las personas, defectos de calidad y evitar la contaminación del medio ambiente de acuerdo al propósito, al contexto y la naturaleza, magnitud e impactos ambientales de nuestras actividades, productos y servicios.

2.2.5 Objetivos

Para cumplir con esta política integral, nos comprometemos a:

- a) El cumplimiento de las leyes, reglamentos y requisitos aplicables.
- b) Realizar la mejora continua en sus procesos, sistemas de trabajo y el sistema integral de gestión como medio para crear un “Ambiente de trabajo Seguro y Confortable con la calidad y el medio ambiente.
- c) Aplicar los procedimientos y normas de trabajo que garanticen la calidad de los productos, la seguridad y salud de sus trabajadores.
- d) Estableces objetivos acordes con la presente política.
- e) Trabajar en el aprovechamiento de los recursos y la conservación de la energía, el reciclaje y la reducción de residuos en todos los ámbitos de nuestras actividades corporativas.
- f) Trabajar para reducir las sustancias que tienen un impacto sobre el medio ambiente.
- g) Coexistir en armonía con las comunidades locales y activamente intercambiar y proporcionar información relacionada con la conservación del medio ambiente como mitigación t adaptación del cambio climático, la protección a la biodiversidad y de los ecosistemas.
- h) Nunca recibir, nunca hacer, nunca pasar defecto.

2.3 Tecnología actual de la empresa

A continuación, se muestra en la tabla 2 la tecnología, es decir maquinaria y herramienta utilizada en las líneas de producción de proyecto L21B.

Tabla 2 Tecnología actual de la empresa (maquinaria y equipo)

Nombre	Ilustración	Características
Robot manipulador nv166	 <p data-bbox="443 1329 1089 1627"> Fuente: https://www.google.com/search?biw=1093&bih=500&tbm=isch&sxsrf=ACYBGNSn-ofMzcObHzUYKFJ4UIXyBbO1LA%3A1571416471576&sa=1&ei=l-mpXdrilHz-gTiooH4BQ&q=robot+nv166+&oq=robot+nv166+&gs_l=img.3..35i39.10871.13241..13416...1.0..1.186.1285.0j10.....0....1..gws-wiz-img.pBVDPREXVEk&ved=0ahUKEwiaitTEngbIAhXRuZ4KHWJRAF8Q4dUDCAc&uact=5#imgdii=Rm57c28L6j-5KM:&imgrc=lrQ7nVUFw8aO6M: </p>	<p data-bbox="1117 611 1453 825"> El objeto de Los robots manipuladores es eliminar los esfuerzos provocados por el levantamiento de la mercancía. </p> <p data-bbox="1117 867 1453 1297"> Los robots manipuladores presentan una columna fijada al pavimento y provista de un brazo a bandera que incluye una cabeza de toma. Su sistema especial de alimentación permite al brazo girar 360° sin que se enmarañen por ello los tubos. </p>

Robot soldador



Fuente:
https://sc02.alicdn.com/kf/HTB1P.8WXZfrK1Rjy0Fmq6xhEXXaa/ADTECH-Giant-Big-Industrial-Arm-de-soldadura.jpg_350x350.jpg

El robot soldador permite una fácil programación y comunicación con las fuentes de energía más comunes. Las funciones de proceso avanzadas ahorran tiempo durante el aprendizaje de trayectorias y aumentan el tiempo de actividad de soldadura.

Sensor de proximidad



Fuente: propia

Es un dispositivo que percibe información externa de una magnitud física y la transforma en un valor electrónico para que sea posible introducirla a un circuito de control, de modo que el robot sea capaz de cuantificarla y reaccionar en consecuencia.

Interfa
z

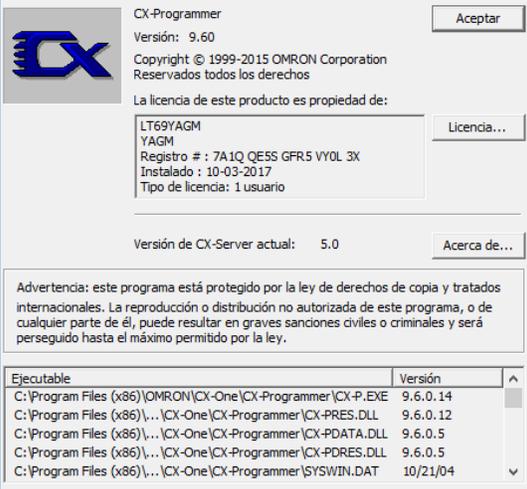
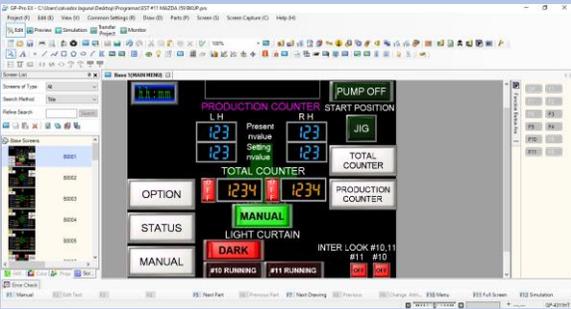


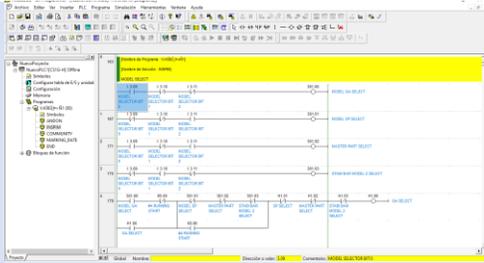
Fuente:propia

se utiliza para nombrar a la conexión funcional entre dos sistemas, programas, dispositivos o componentes de cualquier tipo, que proporciona una comunicación de distintos niveles permitiendo el intercambio de información.

En la tabla 3 se muestra tecnología actual del proyecto, es decir softwares o programas utilizados en las líneas de producción de proyecto L21B.

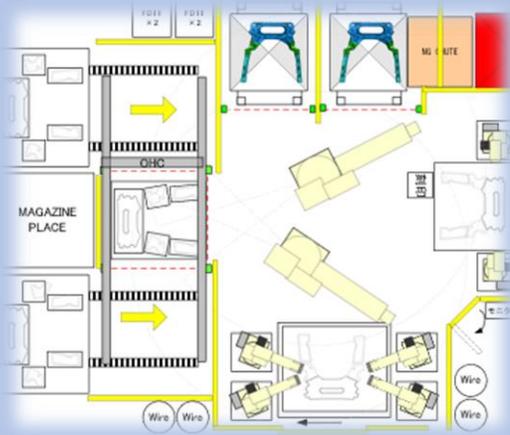
Tabla 3 Tecnología actual de la empresa (Softwares o programas)

Nombre	Ilustración	Características												
<p>CK programme r</p>	 <p>CX-Programmer Versión: 9,60 Copyright © 1999-2015 OMRON Corporation Reservados todos los derechos La licencia de este producto es propiedad de: LT69YAGM YAGM Registro #: 7A1Q QE5S GFR5 VY0L 3X Instalado: 10-03-2017 Tipo de licencia: 1 usuario</p> <p>Versión de CX-Server actual: 5.0</p> <p>Advertencia: este programa está protegido por la ley de derechos de copia y tratados internacionales. La reproducción o distribución no autorizada de este programa, o de cualquier parte de él, puede resultar en graves sanciones civiles o criminales y será perseguido hasta el máximo permitido por la ley.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Ejecutable</th> <th>Versión</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>C:\Program Files (x86)\OMRON\CX-One\CX-Programmer\CX-P.EXE</td> <td>9.6.0.14</td> </tr> <tr> <td>C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PRES.DLL</td> <td>9.6.0.12</td> </tr> <tr> <td>C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PDATA.DLL</td> <td>9.6.0.5</td> </tr> <tr> <td>C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PDRES.DLL</td> <td>9.6.0.5</td> </tr> <tr> <td>C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\SYSWIN.DAT</td> <td>10/21/04</td> </tr> </tbody> </table> 	Ejecutable	Versión	C:\Program Files (x86)\OMRON\CX-One\CX-Programmer\CX-P.EXE	9.6.0.14	C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PRES.DLL	9.6.0.12	C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PDATA.DLL	9.6.0.5	C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PDRES.DLL	9.6.0.5	C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\SYSWIN.DAT	10/21/04	<p>Es un software de simulación en tecnologías de automatización, que permite al usuario testear sus circuitos y programas sobre un entorno virtual antes de controlar la parte operativa real.</p>
Ejecutable	Versión													
C:\Program Files (x86)\OMRON\CX-One\CX-Programmer\CX-P.EXE	9.6.0.14													
C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PRES.DLL	9.6.0.12													
C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PDATA.DLL	9.6.0.5													
C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\CX-PDRES.DLL	9.6.0.5													
C:\Program Files (x86)\...\CX-One\CX-Programmer\SYSWIN.DAT	10/21/04													
<p>Pro- face</p>	 <p>Pro-face</p> <p>GP-Pro EX</p> <p>This product is protected by the Japan Copyright Law and the international treaty. Copying all or part of this product or distributing the reproductions without permission is a piracy act.</p>	<p>El software <i>Pro-face</i> es un software de diseño de pantallas, este describe el diseño de interfaces gráficas de usuario. El diseño de pantallas incluye una amplia variedad de aplicaciones en las que se pueden utilizar pantallas como parte de la interacción hombre-</p>												



máquina. Debe distinguirse de las funciones de una interfaz gráfica de usuario. La implementación técnica no forma parte del diseño de la pantalla.

**Micro
soft Visio**



Microsoft Visio es un software para dibujar una variedad de diagramas. Entre ellos se incluyen diagramas de flujo, organigramas, planos de construcción, planos de planta, diagramas de flujo de datos, diagramas de flujo de procesos, modelado de procesos de negocios, diagramas de carriles, mapas 3D y mucho más

Fuente: propia

CAPITULO 3. MARCO TEÓRICO

3.1 Producción

Son los medios mediante los que transformamos recursos de entrada para crear bienes y servicios útiles. El proceso productivo es un proceso de transformación y conversión. Los recursos de entrada pueden tomar una amplia variedad de formas. En operaciones de manufactura, las entradas son diversos materiales y materia prima, energía, trabajo. Maquinas, instalaciones, información y tecnología (Buffa, 2007).

3.1.1 Modelos de sistemas de producción

Un modelo se construye como medio para pronosticar el comportamiento de un sistema, o por lo menos un aspecto de su comportamiento. Ahora bien, un sistema de producción comienza a tener forma desde que se formula un objetivo y se elige el producto que va a comercializarse; se requiere un procedimiento que debe ser lo más económico posible teniendo en cuenta la capacidad del sistema de producción, en función de los recursos humanos, materiales y tecnológicos de la empresa, y lo más importante la naturaleza de la actividad productiva que depende usualmente de la naturaleza de la función de la demanda (Prado, 1992).

3.1.1.1 Clasificación de los sistemas productivos

- Proceso por proyecto

Son aquellos en que el producto terminal es único.

- Proceso por lote, tareas, ordenes

Son elaborados en pequeños lotes y de acuerdo a especificaciones particulares.

- Procesos continuos, masa, línea

Son aquellos que debido al producto o servicio que proporcionan no dejan de trabajar, o bien si se detiene la producción en cualquier parte de la línea, esta se detiene totalmente. El centro de la secuencia de operaciones está ordenado de acuerdo a la secuencia lógica de transformación del producto (José Hilario Corona, 2015).

3.1.2 Volumen de producción

Se refiere a la capacidad productiva de una instalación; en general expresada como un volumen de producción en un periodo (Orozco, 1997).

3.2 Estudio de tiempo

El Estudio de Tiempos es una técnica de medición del trabajo empleada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo correspondientes a los elementos de una tarea definida, efectuada en condiciones determinadas y para analizar los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida (López, 2016).

3.2.1 Métodos para el estudio de tiempos

- Método continuo

En el método continuo se deja correr el cronómetro mientras dura el estudio. En esta técnica, el cronómetro se lee en el punto terminal de cada elemento, mientras las manecillas están en movimiento (Noris Leonor Tejada Díaz, 2017).

- Método de regreso a cero

En el método de regresos a cero el cronómetro se lee a la terminación de cada elemento, y luego se regresa a cero de inmediato. Al iniciarse el siguiente elemento el cronómetro parte de cero (Noris Leonor Tejada Díaz, 2017).

3.3 Eficacia

Eficacia es el grado en que se alcanzan los objetivos propuestos (Mokate, 2002).

Eficacia es "hacer las cosas correctas", es decir, hacer lo que se debe hacer para lograr los objetivos buscados. Se trata de determinar, entre todos los rumbos posibles, cuál se va a buscar, y de orientar los medios para alcanzar resultados. Ser eficaz en el negocio implica direccionar los esfuerzos hacia metas que tengan sentido y que ayuden a la supervivencia y crecimiento de la empresa.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Resultado alcanzado} * 100}{\text{Resultado previsto}} \quad (\text{Formula 1})$$

Donde:

Resultado alcanzado= Meta lograda

Resultado previsto= Meta esperada

Esto nos dará un porcentaje que podremos evaluar. La fórmula mostrada anteriormente es la fórmula de la eficacia (Adrián M. Andrade, 2017).

3.4 Eficiencia

Es el logro de un objetivo al menor costo unitario posible. En este caso estamos buscando un uso óptimo de los recursos disponibles para lograr los objetivos deseados (Cañas, 2022).

$$\text{Eficiencia} = \frac{\left(\frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Costo real}}\right) * \text{Tiempo invertido}}{\left(\frac{\text{Resultado esperado}}{\text{Coste estimado}}\right) * \text{Tiempo previsto}} \quad (\text{Formula 2})$$

Donde:

Resultado alcanzado= Meta lograda.

Costo real= Costos que ya han incurrido en el proceso de producción para garantizar la elaboración de bienes materiales o servicios prestados.

Tiempo invertido: Periodo durante el que se desarrolla una acción o proceso.

Resultado esperado= Meta esperada.

Costo estimado= Indica lo que puede llegar a costar algo.

Tiempo previsto= Periodo durante el que se espera se desarrolle una acción.

Esta fórmula, al aplicarla, obtendremos un valor en tanto por uno que podremos convertir, si lo deseamos, aun valor de tanto por ciento (IMF, 2021).

3.5 Distribución

Es un conjunto de actividades que realiza una empresa para movilizar sus productos terminados desde el punto de producción hasta el consumidor final (West, 1991).

3.5.1 Redistribuir

Es la técnica para el planteamiento de la colocación de los recursos industriales, o sea trabajadores, equipo, espacios necesarios para el movimiento de materiales y para almacenes, y área necesaria para actividades o servicios auxiliares; para obtener esta colocación de forma que sea eficiente y económica (Peralta, 2008).

3.5.1.1 Ventajas de tener una buena distribución

- Disminución de las distancias a recorrer por los materiales, herramientas y trabajadores.
- Circulación adecuada para el personal, equipos móviles, materiales y productos en elaboración, etc.

- Utilización efectiva del espacio disponible según la necesidad.
- Seguridad del personal y disminución de accidentes.
- Localización de sitios para inspección, que permitan mejorar la calidad del producto.
- Disminución del tiempo de fabricación.
- Mejoramiento de las condiciones de trabajo.
- Incremento de la productividad y disminución de los costos (Peralta, 2008).

3.5.1.2 Tipos de distribución

- Distribución por producto

Es aquella donde se disponen el equipo o los procesos de trabajo de acuerdo con los pasos progresivos necesarios para la fabricación de un producto. La distribución en planta por producto es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua, bien repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje. Por ejemplo: Manufactura de pequeños aparatos eléctricos: tostadoras, planchas, batidoras; Aparatos mayores: lavadoras, refrigeradoras, cocinas; Equipo electrónico: computadoras, equipos de discos compactos; y Automóviles (García, 2014).

- Distribución por proceso

Se agrupan el equipo o las funciones similares, como sería un área para tomos, máquinas de estampado. La distribución en planta por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área De acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas. Otros ejemplos: hospitales: pediatría, maternidad, cuidados intensivos (García, 2014).

- Distribución por posición fija

El producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura a donde está el producto (García, 2014).

3.6 Lay out

La palabra *Lay out* sirve para hacer referencia al esquema que será utilizado y cómo están distribuidos los elementos y formas dentro de un diseño. se dice que el *lay out* realiza la representación de un plano sobre el cual se va a dibujar la distribución de un espacio específico o determinado (Significados.com, 2015).

El *lay out* puede tomarse como las bases de una página web, para que ésta, a partir de ese plan o diseño pueda desarrollarse, es decir, que el producto inicial de una página o sitio web es su *lay out*, plantillas o diseño (Significados.com, 2015).

3.7 Ayudas visuales

Las ayudas visuales son medios que se emplean en la oratoria para expresar “visualmente” un concepto o una idea y sirven para estimular la imaginación de los oyentes o para poner de relieve una idea básica (Alencar, 2007).

3.7.1 Función

A continuación, se muestran las funciones que se obtienen de la aplicación de las ayudas visuales.

- Mejorar la competencia social.
- Mejorar la comunicación, tanto en el plano receptivo como expresivo.
- Desarrollar la anticipación.
- Ayudar a tomar decisiones.
- Mejorar la autonomía.

- Guiar la resolución de tareas (qué, cómo, cuándo hacer) (Ford, 1990).

3.8 Calidad

Es la totalidad de los rasgos y características de un producto o servicio que se sustenta en su habilidad para satisfacer las necesidades establecidas o implícitas (Roberto Carro Paz D. G., 2012).

3.8.1 Importancia de la calidad

En la actualidad, los clientes demandan productos de calidad, y dado que existe una gran oferta, podrán elegir aquellos productos que más les satisfagan. El reto de la empresa es adquirir una competitividad a través de productos de alta calidad a bajo coste (Guilló, 2015).

3.8.2 Pruebas de calidad de soldadura

Las pruebas se aplican para varios propósitos, incluyendo la determinación de: Defectos, deformaciones, discontinuidades, soldabilidad, ductilidad, composición química, propiedades mecánicas y metalúrgicas, nivel de penetración y fusión incompleta.

Para realizar este análisis se deben tener en cuenta unos parámetros que sirvan de base para comprobar la calidad de la soldadura. Estos parámetros se obtienen gracias a los diseños que aprueban los requisitos necesarios de calidad de soldaduras que normalmente están recogidos en las normas y códigos de soldaduras. Estos parámetros, o también llamados niveles de aceptación, variarán en función del trabajo objetivo que tenga la soldadura (Díaz A. , 2022).

Para que las juntas soldadas sean aceptadas por la secretaría, es necesario que cumplan con todos y cada uno de los requisitos de calidad indicados según el tipo de soldadura establecido en el proyecto. Con el propósito de controlar la calidad de la

soldadura el encargado del proyecto generara las pruebas necesarias, en muestras obtenidas como se establece en el manual M.MMP.2.04.001 “Muestreo de material de aporte y uniones soldadas (H., 1992).

3.8.2.1 Tipos de soldaduras

- Soldadura por arco eléctrico

Esta es la más básica entre todos los tipos existentes. Asimismo, es la más simple de usar y dominar al completo. El proceso de esta soldadura consiste en crear un arco eléctrico entre el metal que quiere soldarse y el electrodo. A partir de este arco se sube la temperatura del metal hasta conseguir que se derrita y unir así las piezas. Su uso suele estar dirigido a la manufactura, la construcción o la reparación (Escuela Ateliar, 2017).

- Soldadura por gas

Con la técnica de la soldadura por gas se lleva a cabo la combustión de una sustancia que se denomina acetileno. La capacidad de esta sustancia puede generar una llama que llega a una temperatura de 3.200°C. Es un tipo de soldadura que se emplea usualmente para trabajos de mantenimiento o para la reparación de tuberías domésticas. Además, cuenta con un costo muy reducido, aunque necesita bastante tiempo para secarse (Escuela Ateliar, 2017).

- Soldadura TIG

Una de las clases de soldadura que más se emplea para llevar a cabo trabajos delicados. Su dominio requiere de mayor experiencia para obtener resultados efectivos. Emplea gas inerte de tungsteno y aporta resultados de alta calidad que no necesitan demasiado trabajo de limpieza (Escuela Ateliar, 2017).

- Soldadura MIG

Esta clase de soldadura por arco se ejecuta mediante un electrodo consumible y bajo un gas inerte protector de la atmósfera. El electrodo que se usa suele ser de metal y se va consumiendo poco a poco durante la soldadura. El trabajador debe llevar un mejor equipo de seguridad que el habitual, pues lleva a cabo un trabajo más complejo y con metales mayores (Escuela Ateliar, 2017).

- Soldadura MMAW

También se conoce como soldadura metálica manual por arco. Los electrodos que usa son de acero y están recubiertos por un material que al fundirse produce una sustancia que no permite el paso del oxígeno. Al ser un método sencillo, se usa frecuentemente para actividades domésticas de bricolaje (Escuela Ateliar, 2017).

3.8.3 Pruebas destructivas para Soldadura

- Análisis visual: es el método más sencillo de aplicar y el que menos coste supone. Deberán de realizarse al 100% de los cordones y de forma previa a la ejecución de cualquier ensayo.
- Técnica de líquidos penetrantes: consiste en un ensayo no destructivo en el que se comprueba si existen grietas en la soldadura o cualquier otro defecto superficial. Es una técnica muy versátil que se adapta a todos los tipos de uniones.
- Técnica de partículas magnéticas: consiste en un ensayo no destructivo en el que se comprueba si existen grietas en la soldadura o cualquier otro defecto superficial o subsuperficial. Es una técnica menos versátil que los líquidos penetrantes, pues no puede usarse en nudos complicados.
- Inspección de soldaduras con métodos de ultrasonidos y radiografías: consisten en 2 técnicas de ensayos no destructivos indicados

para analizar uniones a tope y cordones de gran espesor. Detectan todas los defectos superficiales y profundos.

- Ensayos destructivos: consiste en extraer mediante corte probetas formadas por chapa-soldadura-chapa y somételas a ensayos de laboratorio para conocer sus propiedades mecánicas o químicas (BF México, 2020).

3.9 Balanceo de línea

El balance o balanceo de línea es una de las herramientas más importantes para el control de la producción, dado que de una línea de fabricación equilibrada depende la optimización de ciertas variables que afectan la productividad de un proceso, variables tales como los son los inventarios de producto en proceso, los tiempos de fabricación y las entregas parciales de producción.

El objetivo fundamental de un balanceo de línea corresponde a igualar los tiempos de trabajo en todas las estaciones del proceso (Cubero, 2002).

3.9.2 Objetivos del Balanceo de líneas

El principal objetivo es asignar una carga de trabajo entre diferentes estaciones o centros de trabajo que busca una línea de producción balanceada (carga de trabajo similar para cada estación de trabajo, satisfaciendo requerimientos de producción).

- Conocidos los tiempos de las operaciones, determinar el número de operarios necesarios para cada operación.
- Conocido el tiempo de ciclo, minimizar el número de estaciones de trabajo.
- Conocido el número de estaciones de trabajo, asignar elementos de trabajo a la misma (Heizer, 2016).

3.9.3 Beneficios

A continuación, se muestran los beneficios de un balanceo de línea

- Mayor productividad.
- Procesos con tiempos mínimos.
- Eliminación del desperdicio.
- Administración de la producción
- Sistema de pago por productividad (Heizer, 2016).

3.9.4 Procedimiento

Los pasos para iniciar el estudio de equilibrado o balanceo de líneas es el mismo que en cualquier otro tipo de proceso productivo que consiste en:

1. Definir e identificar las tareas que componen al proceso productivo.
2. Tiempo necesario para desarrollar cada tarea.
3. Los recursos necesarios.
4. El orden lógico de ejecución.

Así mismo, el autor Meyers (2000), señala que los propósitos de la técnica de balanceo de líneas de ensamble son las siguientes:

- Igualar la carga de trabajo entre los ensambladores.
- Identificar la operación cuello de botella.
- Determinar el número de estaciones de trabajo.
- Reducir el costo de producción.

3.10 Plan de control

El Plan de Control es una metodología documentada en el manual de APQP para ayudar en la manufactura de productos de calidad de acuerdo a los requerimientos del

cliente. Esta metodología proporciona un enfoque estructurado para el diseño, selección e implementación de métodos de control con valor agregado para el sistema total. Es una descripción escrita y resumida de los sistemas usados para minimizar la variación del producto y el proceso en cada etapa del mismo y que incluye las inspecciones de recibo, las áreas de material en proceso y material en salida. Proporciona una descripción escrita resumida de los sistemas utilizados para minimizar la variación en el proceso y en el producto (Marques, 2014).

3.10.2 Beneficios

- Reducción de la variación y los desperdicios.
- Mejora de la calidad de los productos.
- Identificación de las características del producto y proceso y los métodos de control para las fuentes de variación (variables de entrada), que causan variación en las características del producto (variables de salida).
- Contribuye a la satisfacción del cliente, al enfocarse a las características del producto y del proceso que son importantes.
- Asegura la comunicación entre las áreas de planeación, implementación y control (Juran, 2005).

3.10.3 Elementos de plan de control

El plan de control está conformado por diferentes secciones. En el encabezado del plan de control se tiene lo siguiente;

- No. De plan de control.
- No. De parte.
- Descripción del producto.
- Equipo de trabajo.
- Fecha de aprobación.
- Fecha original.

- Fecha de revisión.
- Aprobación de ingeniería de cliente.
- Cliente (Juran, 2005).

En el cuerpo del plan de control tenemos;

- Proceso.
- Maquina equipo o herramienta utilizada.
- Características de producto y proceso.
- Especificaciones /tolerancias.
- Tipo de evaluación.
- Método de evaluación.
- Método de control.
- Mantenimiento.
- Reacción al plan (Marques, 2014).

3.11 AMEF

Es un conjunto de directrices, un método y una forma de identificar problemas potenciales (errores) y sus posibles efectos en un sistema con el fin de priorizarlos y concentrar los recursos en planes de prevención, supervisión y respuesta (LACOR formación, 2015).

3.11.2 Tipos de AMEF

- Procesos

El AMEF aplicado a los procesos sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en las etapas de producción, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que puedan llegar a tener en el usuario o en etapas posteriores de cada proceso.

- Productos

El AMEF aplicado a un producto sirve como herramienta predictiva para detectar posibles fallas en el diseño, aumentando las probabilidades de anticiparse a los efectos que pueden llegar a tener en el usuario o en el proceso de producción (Edgardo Escalante, 2016).

3.11.2.1 AMEF de proceso

El Análisis del Modo y Efecto de Fallas (AMEF), es un procedimiento que permite identificar fallas en productos, procesos y sistemas, así como evaluar y clasificar de manera objetiva sus efectos, causas y elementos de identificación, para de esta forma, evitar su ocurrencia y tener un método documentado de prevención (LACOR formación, 2015).

Elementos del AMEF de procesos El AMEF de procesos está conformado por los siguientes elementos en el encabezado;

- No. De plan de control.
- No. De parte.
- Descripción del producto.
- Equipo de trabajo.
- Fecha de aprobación.
- Fecha original.
- Fecha de revisión.
- Aprobación de ingeniería de cliente.
- Cliente (Juran, 2005).

3.11.3 Cuerpo del AMEF

El cuerpo del AMEF está constituido por;

- Proceso/ requerimiento.
- Modo de falla potencial.
- Potencias efectos de falla.
- Grado de severidad.
- Causa potencia de la falla.
- Grado de ocurrencia.
- Controles de proceso actuales.
- Detección: es la probabilidad de que la falla sea detectada antes de que llegue al cliente.
- RPN.
- Acciones de recomendación

Para estimar el grado de severidad, detección y ocurrencia se utiliza una escala del 1 al 10: donde el 10 indica la condición más grave. (Montalvan-Loyola, 2015)

Tabla 4 Grados de severidad

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

Tabla 5 Grados de detección

Detección			
ASQ (American Society for Quality)			
Clasificación	Probabilidad de detección	Oportunidad de detección	Criterio: Probabilidad de detección por control de procesos
10	Casi Imposible	Sin oportunidad de detección	no hay controles en el proceso capaz de detectar o prevenir la causa potencial de falla
9	Muy Remota	Es probable que no se detecte en ninguna etapa del proceso	Hay una probabilidad muy remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
8	Remota	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad remota de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
7	Muy Baja	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad muy Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
6	Baja	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad Baja de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
5	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
4	Altamente Moderada	Detección de problemas después del proceso	Hay una probabilidad muy moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
3	Moderada	Detección de problemas en la fuente	Hay una probabilidad moderada de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
2	Muy Alta	Detección de errores y/o prevención de problemas	Hay muy alta probabilidad de que el control de proceso detecte o de prevenga la causa potencial del modo de falla
1	Casi Seguro	Proceso a prueba de errores	Es casi seguro que el control de proceso es capaz de detectar o de prevenir la causa potencial del modo de falla

Tabla alineada con ASQ (American Society for Quality)

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

Tabla 6 Grados de ocurrencia

Ocurrencia (Probabilidad de que pase)				
ASQ (American Society for Quality)				
Clasificación	Ocurrencia	Descripción	Frecuencia	Cpk (índice de capacidad real)
10	Muy Alta	La falla del proceso es casi inevitable	1 en 2	0.33
9			1 en 3	0.51
8	Alta	Procesos similares han presentado fallas	1 en 8	0.67
7			1 en 20	
6	Moderada	Muy pocas fallas ocasionales asociadas a procesos similares	1 en 80	0.83
5			1 en 400	1.00
4			1 en 2,000	1.17
3	Baja	Pocas fallas asociadas con procesos similares	1 en 15,000	1.33
2			1 en 150,000	1.5
1	Remota	Falla es improbable. Fallas nunca asociadas con procesos casi idénticos	< 1 en 1,500,000	> 1.67

Tabla alineada con ASQ (American Society for Quality)

Fuente: <https://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-falla/>

3.12 Estandarización de trabajo

La estandarización de trabajos consiste en seleccionar las mejores prácticas, lo que cada operario hace bien o lo que se comprueba que obtiene los mejores resultados para definir una metodología de trabajo, que todos los trabajadores deben seguir.

Lo que se busca es que todos y cada uno de los operarios trabajen de la misma manera, para un mismo proceso de producción.

Esta metodología a seguir con los trabajos estandarizados, al mismo tiempo sirve de base para encontrar nuevas mejoras. Cada mejora se incorpora a la metodología, por lo que se va mejorando continuamente y así sucesivamente (Cid, 2011).

3.12.2 Beneficios

- Asegura que el trabajo se realiza de la mejor manera posible.
- Ahorro en formación (tiempo y dinero).
- Aumenta la satisfacción del cliente.
- Hace que responder al cambio externo sea más fácil y rápido.
- Hace que las mejoras se implementen de una manera más sencilla y rápida.
- Aumenta la previsión de los resultados, ya que hace que el trabajo sea medible.
- Mejora la calidad y reduce errores y desperdicios.
- Mejora la capacidad de calcular costes de producción de establecer precios.
- Favorece el compromiso de los empleados y aumenta su confianza.
- Hace que la gerencia responda a las necesidades de los empleados.
- Impulsa una cultura de liderazgo y mejora continua.
- Consigue que todas las partes interesadas trabajen en conseguir los mismos objetivos.
- Los empleados se sienten más valorados al implicarse en las mejoras (Edgardo Escalante, 2016).

3.13 Efectividad

La definición de efectividad en el ámbito de la economía hace referencia al grado de cumplimiento de los objetivos fijados, que puede obtenerse de dividir los resultados conseguidos entre las metas predeterminadas. El resultado sea el grado de cumplimiento de la entrega del servicio o producto en el instante en que el cliente lo necesita de verdad.

Cuando hacemos referencia a la efectividad nos referimos a la ejecución completa del proceso que nos da el resultado (Garcia, 2017).

3.13.2 Principio de la efectividad

El principio de la efectividad dice que el balance entre los efectos positivos y los efectos negativos de los resultados, deberá ser favorable para un actor y desfavorable para el otro. Es decir, dado que cada actor obtiene resultados con efectos positivos, pero también negativos, cada actor orientará su estrategia para que los efectos negativos del otro sean mayores que los propios (Adrián M. Andrade, 2017).

3.13.3 Fórmula de efectividad

Según (Adrián M, 2017) la fórmula de la efectividad se expresa de la siguiente manera:

$$\text{Efectividad: } \frac{(\text{Puntuaje de eficiencia} + \text{Puntuaje de eficacia}) / 2}{\text{Máxima puntuación posible}} \quad (\text{Formula 3})$$

Donde:

Puntuaje de eficiencia= Rendimiento de los recursos utilizados.

Puntuaje de eficacia= Facultad de lograr un objetivo.

Máxima puntuación posible: Dato de mayor alcance.

Obtendremos un porcentaje que nos dirá lo efectiva que es la actividad analizada.

3.13.4 Gráfico de barras

Es un gráfico que se utiliza para representar datos de variables cualitativas o discretas. Está formado por barras rectangulares cuya altura es proporcional a la frecuencia de cada uno de los valores de la variable (Granados, 2018).

3.13.4.1 Estructura del gráfico de barras

- **Título:** Debe describir claramente lo que el gráfico ilustra.
- **Las series de datos:** Son los datos relacionados en un gráfico.
- **Eje Vertical:** El eje vertical, también conocido como el eje Y, es la parte vertical de la gráfica.
- **Eje horizontal:** El eje horizontal, también conocido como el eje X, es la parte horizontal de la gráfica, el eje vertical es el eje de categorías.
- **Leyenda:** Identifica el color que representa a cada serie de datos. Para muchos gráficos es crucial, pero para otros, puede que no sea necesario y se puede eliminar (Granados, 2018).

3.15 Costos

Es la valorización monetaria de la suma de recursos y esfuerzos que han de invertirse para la producción de un bien o servicio (Fernandez, 2004).

3.14.2 Costos de producción

Los costos de producción son estimaciones monetarias de todos los gastos que se han hecho dentro de la empresa, para la elaboración de un bien. Estos gastos abarcan todo lo referente a la mano de obra, los costos de los materiales, así como todos los gastos indirectos que de alguna manera contribuyen a la fabricación de un bien (Concepto Definicion, 2019).

3.14.3 Tipos de costos

- Costos directos

son aquellos fácilmente identificables con el producto o servicio que la empresa ofrece.

- Costos indirectos

Estos costos es difícil asociarlos con un producto o servicio en concreto. Normalmente se conoce su cantidad, pero referida a toda la empresa o a un conjunto de procesos. Ya que estos costos no intervienen directamente en la fabricación del producto, pero si en las condiciones del proceso productivo (González, 2015).

3.15 Gráfico de pastel

Estos gráficos nos permiten ver la distribución interna de los datos que representan un hecho, en forma de porcentajes sobre un total.

Los gráficos circulares o de pastel son adecuados para recalcar la magnitud relativa de los componentes del total. Consiste en dividir un círculo en sectores cuyas superficies sean proporcionales a las cantidades correspondientes a cada categoría. Dado que los sectores circulares dependen de su ángulo central, éstos se determinan estableciendo la proporcionalidad respecto a 360° , que es el ángulo de la circunferencia (Mendoza S. G., 2009).

3.15.2 Estructura del gráfico de pastel

Lo primero que se debe hacer es reunir todos los datos que se necesitarán para confeccionar el gráfico y nombrar claramente cada uno de sus apartados, así como el título. Estos, deben ser claros, conocidos y lo más explicativos posibles. El total siempre debe sumar igual que el número de participantes.

Lo mejor es crear fracciones antes ser referidas como gráficos circulares o gráficos. de construir el gráfico circular o de pastel. Finalmente deberás hacer una leyenda en la que indiques el título de cada sector y a que color se corresponde para que la gente pueda interpretar tu gráfico circular (Martínez, 2017).

CAPÍTULO 4. METODOLOGÍA

4.1 Enfoque de investigación

Podemos definir el enfoque mixto como un conjunto de procesos sistemáticos, empíricos y críticos de investigación que implican la recolección y el análisis de datos cuantitativos y cualitativos, así como su integración y discusión conjunta, para realizar inferencias producto de toda la información obtenida y lograr un mayor entendimiento del fenómeno bajo estudio. En un “sentido amplio” visualizan a la investigación mixta como un continuo en donde se mezclan los enfoques cuantitativo y cualitativo, centrándose más en uno de éstos o dándoles igual importancia permitiendo utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar las debilidades potenciales presentes (Mendoza S. , 2016).

En enfoque de la investigación se considera mixto es decir que el método mixto combina al menos un componente cuantitativo que es en base a datos numéricos y uno cualitativo que se describe a partir de la observación, en un mismo estudio o proyecto de investigación, es decir un análisis de cualidades y datos numéricos dentro del proyecto L21B TWB.

4.2 Tipo de investigación

4.2.1 Investigación aplicada

La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.

Tiene por objetivo resolver un determinado problema o planteamiento específico, enfocándose en la búsqueda y consolidación del conocimiento para su aplicación y, por ende, para el enriquecimiento del desarrollo cultural y científico (Lozada, 2014).

4.2.2 Investigación no experimental

Es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos (Escamilla M. A., 2016).

4.2.1.1 Investigación longitudinal

La investigación longitudinal es un tipo de investigación que se caracteriza por realizar un seguimiento a unos mismos sujetos o procesos a lo largo de un período concreto. Permite ver la evolución de las características y variables observada (Riquelme, 2015).

El tipo de investigación se considera aplicada ya que se enfoca en la búsqueda de conocimiento para su aplicación, además se considera investigación no experimental porque como su nombre lo indica no experimenta con las variables que intervienen en el proceso, sino que se basa en la observación de dichas variables.

La investigación no experimental se divide en investigación transversal y longitudinal, el presente trabajo utiliza la investigación longitudinal ya que se caracteriza por analizar un proceso a lo largo de un periodo en el tiempo a diferencia de la transversal que solo se basa en analizar el proceso en un punto en el tiempo.

4.3 Instrumentos y técnicas de recolección de datos

4.3.1 Observación

Consiste en observar personas, fenómenos, hechos, casos, objetos, acciones, situaciones, etc., con el fin de obtener determinada información necesaria para una investigación.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Muestreo

Es un estudio de las relaciones existentes entre una población y muestras extraídas de la misma. Permite estimar cantidades desconocidas de la población (tales como la media poblacional, la varianza, etc.), frecuentemente llamadas parámetros poblacionales o brevemente parámetros, a partir del conocimiento de las correspondientes cantidades muestrales (tales como la media muestral, la varianza, etc.), a menudo llamadas estadísticos muestrales o brevemente estadísticos (Spiegel, 2010).

4.4.1.1 Elementos de la fórmula de tamaño de muestra

- Tamaño de la población.

Una población es una colección bien definida de objetos o individuos que tienen características similares. Hablamos de dos tipos: población objetivo, que suele tener diversas características y también es conocida como la población teórica. La población accesible es la población sobre la que los investigadores aplicaran sus conclusiones (PSYMA, 2015).

- Margen de error (intervalo de confianza).

El margen de error es una estadística que expresa la cantidad de error de muestreo aleatorio en los resultados de una encuesta, es decir, es la medida estadística del número de veces de cada 100 que se espera que los resultados se encuentren dentro de un rango específico (PSYMA, 2015).

- Nivel de confianza.

Son intervalos aleatorios que se usan para acotar un valor con una determinada probabilidad alta. Por ejemplo, un intervalo de confianza de 95% significa que los

resultados de una acción probablemente cubrirán las expectativas el 95% de las veces (PSYMA, 2015).

- La desviación estándar.

Es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos (o población). Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población (PSYMA, 2015).

4.4.2 Tipos de muestreo

Métodos o técnicas, a partir de la población generada para investigar, que logren proporcionar un conjunto de muestras que permitan así, generar una investigación en la que los intereses se vean más marcados y a partir de la recolección y organización de los datos, se logre que tengan una investigación significativa y que puedan responder a las preguntas de investigación (Jarquin, 2018).

4.4.1.1 Muestreo no probabilístico

El muestreo no probabilístico es una técnica de muestreo donde las muestras se recogen en un proceso que no brinda a todos los individuos de la población iguales oportunidades de ser seleccionados. Los sujetos en una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador (Jarquin, 2018).

4.4.1.2 Muestreo probabilístico

El muestreo es probabilístico cuando se puede determinar de antemano la probabilidad de selección de cada uno de los elementos de la población o universo bajo estudio. La selección de un elemento o de una de las muestras posibles debe ser un experimento aleatorio o de azar de esos que engendran la base de la teoría de la probabilidad, en la cual se fundamenta la estadística matemática (Rodríguez, 2006).

- Muestreo aleatorio simple

Cada elemento de la población tiene una oportunidad igual e independiente de ser seleccionado, para lo cual se le asigna un número. La muestra se determina con tablas de números aleatorios (Velázquez, 2017).

- Muestreo estratificado

Implica dividir a la población en clases o grupos, denominados estratos. Las unidades incluidas en cada estrato deben ser relativamente homogéneas con respecto a las características a estudiar (Velázquez, 2017).

- Muestreo sistemático

Se selecciona una muestra tomando cada k -ésima unidad de la población, una vez que las unidades de muestreo están numeradas o arregladas de alguna forma. La letra k es la razón de muestreo, esto es, la razón del tamaño de la población correspondiente al tamaño de la muestra (Velázquez, 2017).

- Muestreo por conglomerados.

Implica la selección aleatoria de grupos o conglomerados a partir de la población. Las diferencias entre los conglomerados son generalmente pequeñas y las unidades dentro de cada uno, normalmente, son más heterogéneas (Velázquez, 2017).

Para la realización del estudio de tiempos se consideró la producción del día 29 de agosto 991.86 piezas de acuerdo al plan de producción para la que fue diseñada, considerando un tiempo estimado de 18.25 horas de producción al día con una eficiencia de 90% considerando el tiempo total indirecto (abastecimiento de magazine, cambios de electrodos, limpieza de boquilla y limpieza de partes de cobre.

Para llevar a cabo dicho estudio se determinó la cantidad de piezas realizadas por hora que son 54.34, este dato se establece como la población total a analizar.

Las piezas correspondientes a este número de parte son el FRONT UPR 54403 ya que dicho proceso de fabricación es el mismo para los 4 números de parte de la suspensión; el RR UPR 55403, RR LWR 55408, FR UPR 54403 Y FR LWR 54405 fabricados para nuestra empresa hermana YMEX.

Después de haber identificado la cantidad de piezas producidas por hora, se prosiguió a calcular el tamaño de la muestra a analizar con la siguiente formula:

$$n = \frac{z^2 N p q}{e^2 N + z^2 p q} \quad (\text{Formula 5})$$

Dónde:

n=muestra (Parte o cantidad pequeña de una cosa que se considera representativa del total y que se toma o se separa de ella con ciertos métodos para someterla a estudio, análisis o experimentación).

N= Tamaño de la población. (Una población es una colección bien definida de objetos o individuos que tienen características similares).

e=Margen de error o intervalo de confianza. (El margen de error es una estadística que expresa la cantidad de error de muestreo aleatorio en los resultados de una encuesta, es decir, es la medida estadística del número de veces de cada 100 que se espera que los resultados se encuentren dentro de un rango específico).

z=Nivel de confianza. (Son intervalos aleatorios que se usan para acotar un valor con una determinada probabilidad alta).

$P=0.5$ (Probabilidad de éxito, o proporción esperada).

$q=0.5$ (Probabilidad de fracaso).

La relación entre la probabilidad de éxito y fracaso es mayormente conocido como desviación estándar. Este es un índice numérico de la dispersión de un conjunto de datos o población (Cortes, 2014).

Mientras mayor es la desviación estándar, mayor es la dispersión de la población.

Para calcular el valor de z se consideró el 90% de desviación y se buscó en la tabla de la distribución normal (véase en los Anexos) el cual estaba entre 1.64 y 1.65, se realizó una interpolación (obtención de nuevos puntos partiendo del conocimiento de un conjunto discreto de puntos) dando un valor de z de 1.645.

Sustituyendo los valores en la formula tenemos lo siguiente;

$$n = \frac{(1.645)^2((55)(0.5)(0.5))}{(0.10)^2(55) + ((1.645)^2(0.5)(0.5))} = 30.3364$$

Con esto se determinó que se tiene que tomar el tiempo de fabricación de 31 piezas.

4.5 Método

4.5.1 Cálculo del tiempo real de la línea de producción

Para llevar a cabo este objetivo las actividades A y B se realizaron en conjunto, es decir, el estudio de tiempo maquina y talento humano.

En el estudio de tiempos de la línea de producción L21B se seleccionó el número de parte FR UPR 54403 donde la línea trabaja con un solo operador, para el estudio de tiempos es fundamental contar con cierto material como lo es; un cronómetro o tabla de tiempos y una hoja de observaciones. Generalmente se utilizan dos tipos de

cronómetros, el ordinario y el de vuelta a cero. En este caso se utilizó el método de regreso a cero el cronometro donde se lee a la terminación de cada actividad.

Dado que se determinó el tamaño de muestra en apartado 4.4 de población y muestra, se pasó a tomar el tiempo de las 31 piezas indicadas. Las piezas a cronometrar fueron seleccionadas de acuerdo al método aleatorio simple, ya que es un procedimiento de muestreo probabilístico que da a cada elemento de la muestra, la misma probabilidad de ser seleccionado.

Con ayuda de números aleatorios generados de internet se realizó una tabla donde se pudieron identificar más fácilmente las piezas que se tenían que medir.

De dichas piezas se tomaron 7 tiempos los cuales se dividen en tiempos que hace el robot y el operador dentro de las estaciones de trabajo, donde se muestran a continuación los tiempos realizados por el robot:

- *Arrange blank* que es la toma de las plantillas estampadas.
- *a/w twb* (soldadura de platillas).
- *Weld check* (prueba de dimensión de control de soldadura).
- *Marking/palletize* (marcaje de pieza y colocación en área de producto terminado).

Los tiempos del operador son los siguientes:

- El abastecimiento de *magazine* (contenedor con plantillas estampadas) en la operación 1 del robot “*arrange blank*”.
- Cambios de electrodos en la operación 2 del robot “*a/w twb*”.
- Limpieza de boquilla de soldadura mientras el robot hace la revisión de los cordones de la pieza en la operación de “*arrange blank*”.

Esta toma de tiempos se fue registrando en una tabla en Excel, donde al finalizar la medición de los tiempos se pasó a calcular el promedio de cada una de las

operaciones y de las operaciones en general (del robot y del operador), dichos datos fueron colocados en un formato propio de la empresa llamado "*timing chart*" el cual se muestra en la tabla 4.

El formato de origen esta realizado en idioma inglés a continuación, se muestra la traducción de los apartados del formato.

En la primera fila vienen los siguientes:

- *YAGM* (siglas de Yorozu Automotive Guanajuato de México).
- *Production volumen /Month* (producción volumen por mes).
- *Unit = minute* (unidades por minuto).
- *1rd* (primer) (turno de trabajo).
- *3rd* (tercero) (turno de trabajo).
- *Unit= day* (unidades por día).
- *Over time* (tiempo extraordinario).
- *General efficiency* (eficiencia general).
- *Unit=man* minute* (unidades de hombre por minuto).
- *Unit=man*minute/month* (unidades de hombre por mes).
- *Working time/month* (tiempo de trabajo por mes).
- *Cycle time* (tiempo ciclo).

En la segunda fila

- *Required cycle time* (tiempo ciclo requerido).

En la tercera fila:

- *Process number* (número de proceso).
- *Process name* (nombre de proceso).
- *DESING TIME* (tiempo de diseño).
M/C (hombre ciclo).

ROBOT (robot).
CYCLE (ciclo).

- PPH (producción por hora).
- *Request pieces/day* (requerimiento piezas por día).

A continuación, se muestra el formato de *timing chart*

Tabla 7 Formato de *timing chart*

YA GM	Production volume/Month	Unit=mi nute		Unit=day	Over time	General efficiency	Unit=man* minute	Unit=man*min ute/month	
		1st .	3r d.	Working day/month	hour/ month		Working time/month	CYCLE time	
Required Cycle Time							0.00		
Proc ess Num ber	Process name	DESIGN TIME							
		M/ C	ROB OT	CYCLE					
							43		
1									
2									
3									
4									
PPH							=		Request pieces /day

Fuente: propia

C. Calcular de eficacia de la línea, talento humano y tiempo máquina.

Para el cálculo de la eficacia de la línea de producción, del talento humano y del robot consideramos distintos factores referentes a la fórmula de eficacia donde la formula dice que se dividirá el resultado alcanzado entre el resultado previsto y este dato se multiplicará por 100 para que sea un dato en porcentaje.

$$\text{Eficacia} = \frac{\text{Resultado alcanzado} \cdot 100}{\text{Resultado previsto}} \quad (\text{Formula 1})$$

El cálculo de la eficacia ayudara a identificar qué porcentaje de lo planificado se está llevando a cabo, es decir de forma comparativa y si se sitúa por debajo del dato previsto será ineficiente .Primero se pasó a calcular la eficacia de la línea de producción donde se tomó como dato alcanzado 43 piezas debido a que al colocar todos los datos en el *timing chart* o tabla de tiempos se pudo identificar más fácilmente que el dato con mayor ponderación dentro de dicha tabla sobrepasa el tiempo ciclo (suma de tiempo maquina y humano) dentro de planeado por lo que al multiplicar por el 100% y dividirlo entre el número total de piezas por hora planeadas, es decir 55 piezas.

Para el cálculo de la eficacia del talento humano se consideró como resultado alcanzado el promedio de los promedios obtenidos del cálculo de las operaciones realizadas en la actividad anterior, es decir, (0.041, 0.955 y 0.148) y resultado previsto el promedio de los promedios que se tiene planificado dentro de la línea de producción identificado en el *timing chart* de diseño (0.030, 0.754 y 0.440) véase en el Anexo "*timing chart* de diseño".

De igual manera se tomó el tiempo promedio de los promedios calculado en la actividad anterior, pero en este caso tiempo máquina/ robot para calcular el resultado alcanzado de este dónde obtuvimos (0.422, 0.315, 1.028 y 0.157). Para el resultado previsto igualmente se muestra en el Anexo "*timing chart* de diseño" el dato planificado del tiempo maquina es decir (0.424, 0.210, 0.430 y 0.150).

D. Calcular la eficiencia de la línea

Para el cálculo de la eficiencia de la línea de producción se utilizó la fórmula número 2 que se muestra a continuación;

$$\text{Eficiencia} = \frac{\left(\frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Costo real}}\right) * \text{Tiempo invertido}}{\left(\frac{\text{Resultado esperado}}{\text{Coste estimado}}\right) * \text{Tiempo previsto}}$$

Donde se tomó como dato alcanzado 43 piezas por hora, dato calculado en la toma de tiempos. Como resultado esperado se tomaron las 55 piezas plan por hora, para el costo real se tomó el valor de 85.0970 USD y costo estimado 80.1829 USD que es el dato proporcionado por el departamento de Marketing and sales.

Para el tiempo invertido y tiempo previsto se analizó tomando como dato 60 minutos que fue el tiempo que se tiene calculado sobre las piezas alcanzadas y esperadas.

4.5.2 Reducción del tiempo de inactividad no planificado, operativo y maquina

Se realizó de manera simultánea las actividades C y D que es la redistribución de la maquinaria y herramienta y la actualización de *lay out* de línea

Considerando los tiempos tomados anteriormente podemos observar que las estaciones de trabajo pierden mucho tiempo entre actividades lo que genera que la estación no avance y genere cuellos de botella (fase de la cadena de producción más lenta) esto principalmente por el traslado del operador al *magazine place* (contenedor de platillas estampadas). Actualmente la línea de producción cuenta con dos *magazines place* cerca del contenedor de producto terminado y producto N/G, esto de acuerdo al diseño generado en Japón.

Como el reacondicionamiento/redistribución de la maquinaria y herramienta genera muchos gastos dentro de un proceso de fabricación, se realizó la redistribución por medio de un *software* de diseño predeterminado de *Microsoft office* llamado Visio, este *software* facilita la creación y edición de diseños de procesos productivos.

En la siguiente imagen se muestra el *Lay out* inicial de la línea de producción FR UPR donde fue marcado con círculos de color rojo cada operación del proceso.

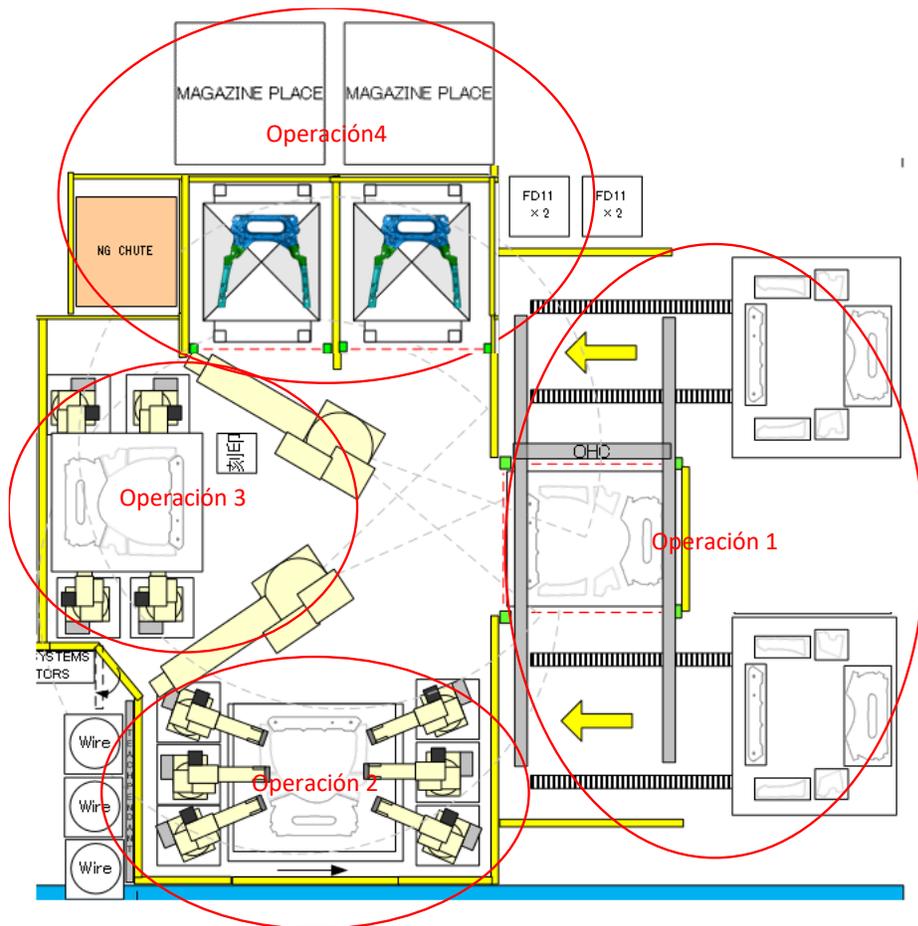


Ilustración 2 Lay out inicial

Fuente: propia

En la operación 1 se colocan las plantillas en un carro donde la flecha amarilla indica el recorrido que hace la banda transportadora hasta llegar al *blank* para que el robot pueda tomar las plantillas más fácilmente.

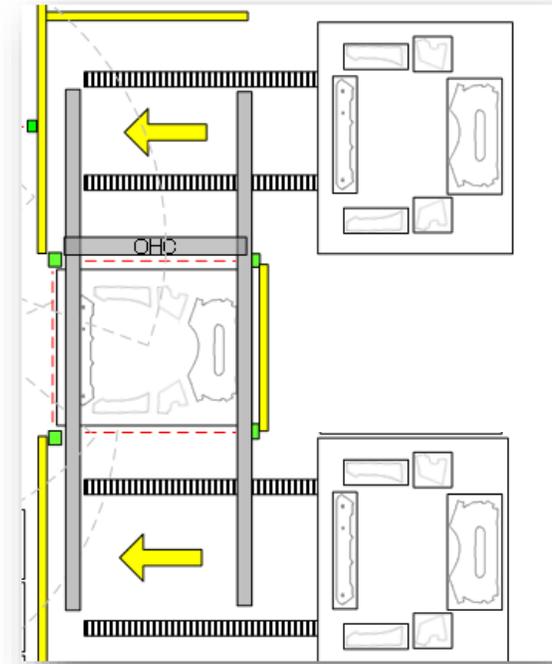


Ilustración 3 Operación 1" colocación de piezas en blank"

Fuente: propia

En la operación 2 el robot gira 45 grados al área de soldadura donde se colocan los cordones de soldadura para la unión de las platillas estampadas y así generar la pieza "FRONT UPPER".

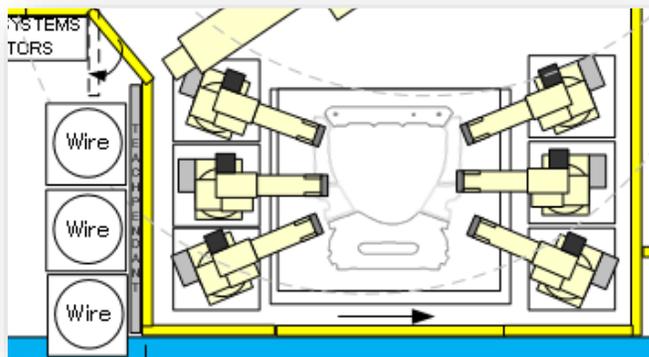


Ilustración 4 Operación 2 "soldadura"

Fuente: propia

Después de que la pieza ha sido soldada pasa a la operación número 3 donde el robot rotador la coloca en un panel de escaneo por el método de ultrasonido, donde se verifica la dimensión de la soldadura tanto los defectos superficiales como los profundos y confirmar por medio de una *interfaz* (pantalla de los sensores) si las condiciones se encuentran en buenas condiciones *Okay*.

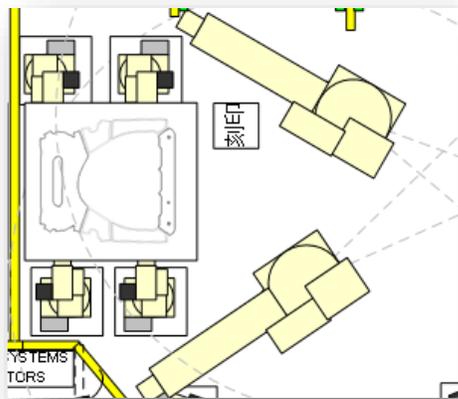


Ilustración 5 Operación 3 "Escaneo"

Fuente: propia

Cuando el escaneo está listo y en buenas condiciones la pieza es liberada y pasa a la operación 4 que es colocar la pieza en el contenedor de piezas terminadas. O bien, si esta no está correctamente pasa al contenedor de piezas N/G.

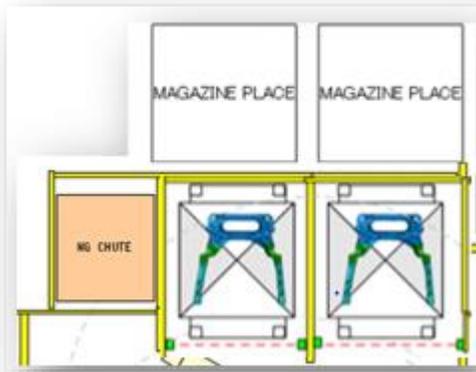


Ilustración 6 Operación 4 "Pieza terminada"

Fuente: propia

La línea de producción cuenta con; dos *magazines places* (contenedor de platillas estampadas) cerca del contenedor de producto terminado y producto N/G (No Good).

C. Realizar ayudas visuales en el área productiva.

La documentación de métodos y procedimientos es importante en cualquier empresa ya sea para simplificar métodos de trabajo, dar a conocer a los empleados los métodos de trabajo de la empresa para facilitarles procesos que ellos deben desarrollar, para que no haya errores en el momento de la producción o bien para facilitar la comprensión de los procedimientos.

Como la línea de producción es nueva, es difícil para los operadores de la línea identificar ciertas partes del proceso o recordar indicaciones. Por lo que se elaboraron y colocaron ayudas visuales en el proceso productivo.

La mayor parte de la información que captan las personas proviene de las señales y los signos porque convivimos diariamente con múltiples señales a nuestro alrededor y de forma consciente, o no, las utilizamos para aumentar la comprensión que tenemos de nuestro entorno, facilitando una toma de decisiones constante.

La ayuda visual se generó de acuerdo a un formato previo de la empresa "Yorozu Automotive" donde se coloca el área que origina la ayuda visual, el código de ayuda visual, la fecha de revisión, el nivel de emisión, el título de ayuda visual, el nombre de la parte u operación, número de parte o estación, el nivel de ingeniería (nivel de proyecto, dato dado por el cliente), quien elaboro, quien reviso, quien autorizo y si las características son de proceso o producto en la ilustración 7 se puede observar el formato.

Para el área originadora se colocó el departamento de ingeniería, el código de ayuda visual es conformado por AV que son las iniciales de ayuda visual, 611 es porque es el centro de costos de ingeniería ensamble, YAGM es la abreviatura de la empresa "Yorozu Automotive Guanajuato de México", después de esta abreviatura se coloca la línea del proyecto y como terminación 001 es el número de documento de proceso de dicha línea en este caso la ayuda visual es el documento 1.

YORZU		AYUDA VISUAL		Elaboró:
Área Originadora:				Revisó:
Código:	Título:			Autorizó:
Fecha Rev.	Nombre de Parte/Operación	Numero de parte/Estación	Nivel Ingeniería	Característica proceso: <input type="text"/>
Nivel Rev.				Característica producto: <input type="text"/>
Contenido/Foto:				
<small>PAC423.01</small>		<small>FS11YAGM-004 Rev. 0 19-Mayo-14</small>		

Ilustración 7 Formato de ayuda visual

Fuente: propia

A continuación, se muestra cómo se realiza el llenado del formato:

- La fecha de revisión es la fecha tentativa de entrega de documentación, esta fecha es emitida por el cliente.
- El título de la ayuda visual es una breve descripción de lo que se presenta en dicha ayuda.
- El nombre de la parte u operación es el código que tiene la pieza terminada.
- El número de operación es la estación de trabajo donde se lleva a cabo la actividad mostrada en la ayuda visual.
- El nivel de ingeniería es un código que proporciona el cliente para identificar qué departamento realiza la documentación y el nivel de dibujo de pieza a utilizar.

- En este caso en persona que elaboro se coloca al encargado del proyecto de producción de la línea L21B ay que por cuestión de oficiales es la persona que debía de generar la ayuda visual, en persona que reviso se coloca el nombre del supervisor del área y en persona que autorizo es el jefe del área.
- En la parte de características se marca si la ayuda visual es generada para reconocer ya sea una parte del proceso o del producto, en este caso es del proceso.

4.5.2 Medición de la calidad del producto

A continuación, se muestra el desarrollo de la actividad E.

E. Medir la calidad del producto.

Para la identificación del nivel de calidad de las piezas dentro del proceso de ensamble, se considera que estas cuenten con longitud de cordón de soldadura en la unión de las plantillas, esto como requisito específico dimensional de cliente, con dichos datos se lleva a cabo un documento propio de la empresa llamado “parámetros de inspección de cordón” como se muestra a continuación:

Tabla 8 Parámetros de inspección de cordón

YORZU		PARÁMETROS DE INSPECCIÓN DE CORDÓN		PLAN DE CONTROL:	D611YAA51
Nombre de la parte:		FR UPR	Modelo: L21B	Elaboró:	Ana Sofia Sánchez Vigil
Número de parte:		54403	Nivel Ingeniería: D18-0099	Revisó:	Salvador laguna
				Autorizó:	David vieyra
AJUSTES DEL PERFLÓMETRO					
CABEZAL	LV-V7080	LINE SCAN INTERVAL	Time Delay	TIME	294 µs
EXPOSURE TIME	60 µs	CMOS SENSITIVITY	HIGH DYNAMIC RANGE 3		
PEAK DETECTION SENSITIVITY	5 (HIGH)	PEAK SELECTION	STANDARD		
AJUSTE DE HERRAMIENTAS					
	ITEM	MAX	MIN	IMAGEN	
N i v e l	Scan inter.	20	NA		
	Profile width	10	NA		
	MAX (mm)	0.4	NA		
	MIN (mm)	-0.40	NA		
	PROFILE	DEPENDE DEL CORDON			
	NG Profiles	20	NA		
A l t u r a	NG Consec.	20	NA	1	
	Scan inter.	20	NA		
	Profile width	10	NA		
	MAX	2	NA		
	MIN	0.21	NA		
	PROFILE	DEPENDE DEL CORDON			
NG Profiles	15	NA			
p e r f o r m a	NG Consec.	15	NA	2	
	Binary Up	210	190		
	Binary Lo	0	0		
	Detec. Color	0	0		
	MAX	0	500		
	Gain	0	220		
Offset	-1	-2.1			
A n c h o	Offset	-1	-2.1	3	
	Scan inter.	10	NA		
	Profile width	5	NA		
	MAX (mm)	10.5	NA		
	MIN (mm)	0.21	NA		
	PROFILE	DEPENDE DEL CORDON			
NG Profiles	10	NA			
A n c h o	NG Consec.	6	NA	4	

Fuente: propia

Para la medición en cuanto a calidad de las condiciones de las piezas se evaluaron las mismas 31 piezas calculadas en población y muestra, el procedimiento de medición se hace mediante el método de ultrasonidos que consiste en una técnica de ensayo no destructiva indicada para analizar uniones a tope y cordones de gran espesor. Dicha técnica detecta todos los defectos superficiales y profundos.

De los datos obtenidos en el análisis de ultrasonido se hace el llenado de la tabla “Inspección de cordones” mostrada en el apartado de resultados donde se observa cada uno de los resultados de los parámetros de los cordones donde se puede apreciar que, ya sea que alguna de las variables de cualquier cordón salga como N/G la pieza en automático es considerada como pieza N/G es decir material defectuoso y se va al área de *scrap*.

F. Balancear la línea de producción

Conocido el tiempo ciclo (suma de tiempo hombre/maquina entre la producción por hora), determinado por el diseño del proyecto generado en Japón podemos obtener que las 4 estaciones de trabajo son suficientes para desarrollar el proceso productivo de la línea L21B, pero se pudo observar gracias al estudio de tiempos realizado en el objetivo 1 que no están bien ajustados los tiempos de las estaciones porque se genera un cuello de botella en la estación de trabajo número 2 “ *A/W TWB*” ya que sobrepasa el tiempo ciclo requerido por la actividad que es un valor de 1.2700 minutos además de proponer la actualización de *lay out* de las herramientas de dicha actividad, se generó una modificación en el lenguaje de programación del robot para disminuir el tiempo de recorrido dentro de la operación denominada “cuello de botella”.

La programación se llevó a cabo por compañeros del área de mantenimiento ensamble, dicha programación fue fuera de línea (o programación off-line) significa programar robots fuera del entorno de producción, esto dentro de los tiempos de descanso para no tener afectación en tiempo de producción.

G. Estandarización de trabajo por medio de plan de control y AMEF de proceso.

Como la empresa no permitió mostrar la documentación oficial utilizada, se muestra una plantilla genérica tanto del formato de AMEF como de plan de control.

La generación de AMEF de proceso y plan de control debe llevarse a cabo por un equipo multidisciplinario, cuyos integrantes tengan los conocimientos y la experiencia relevantes para el tema. Este equipo es conformado por persona de las áreas afectadas por el proceso como: Ensamble, APQP, calidad, control de producción, mantenimiento y comercial.

El AMEF es para estimular el intercambio de ideas entre las áreas afectadas y entonces promover un enfoque de equipo, pero por la mala comunicación entre los diversos departamentos y la mala planeación estratégica por parte de la dirección esta documentación (AMEF y plan de control) es solo realizado por el departamento de ingeniería ensamble donde se consideraron los siguientes elementos de acuerdo a su estructura;

- Definir el alcance: Se deben establecer los límites del sistema que abarca un sistema completo (componentes, interiores). Se incluyen las interfases e interacciones entre sistemas, con el medio ambiente y con el cliente.
- Definir al cliente: En este caso es Nissan.
- Identificar las funciones, requerimientos y especificaciones: Clarificar el uso pretendido del ítem de diseño o de proceso.
- Identificar los modos potenciales de falla.

Modo de falla = la manera en que un producto o proceso falla en cumplir los requerimientos, la intención del diseño.

El modo de falla se debe describir en términos técnicos, no simplemente como un síntoma que detectaría el cliente.

- Identificar efectos potenciales

Efectos = Tal como son percibidos por el cliente

El efecto se debe describir en términos de lo que el cliente notará. Analizar las consecuencias de las fallas y la severidad de estas consecuencias.

- Identificar las causas potenciales: Indicación de cómo podría ocurrir la falla, en términos de algo que puede ser corregido o controlado. Hay una relación directa entre una causa y su modo de falla resultante.
- Identificar los controles: Actividades que previenen o detectan la causa de la falla o el modo de la falla.
- Identificar y evaluar los riesgos

Se evalúan de tres fuentes:

- Severidad. Nivel de impacto de la falla en el cliente.
- Ocurrencia. Que tan frecuentemente puede ocurrir las causas de la falla.
- Detección. Qué tan bien los controles del producto o del proceso detectan la falla o el modo de la falla.

La organización necesita entender los requerimientos del cliente para la evaluación de riesgos.

- Acciones recomendadas en base a NPR: Acciones para reducir el riesgo y la probabilidad de que ocurra el modo de falla. Van encaminadas a reducir la severidad, la ocurrencia y la detección.

A continuación, se muestra una representación del formato de AMEF

Tabla 9 Formato de AMEF

ANÁLISIS DE MODO Y EFECTO DE LAS FALLAS (PROCESO)																	
												AMEF número:					
												pagina:		de			
						Responsable del proceso:						Preparado por					
Artículo:						Fecha clave:						Fecha AMEF/original					
Modelo/ Años/programas:																	
Equipo principal:			INSPECTORES DE CALIDAD DE LA PLANTA														
Etapa/ función del proceso/ requerimie ntos	Modo potencial de falla	Efectos potenciales de falla	Severidad	Clasificación	Causas potenciales de la falla	Controles preventivos	Durancia	Controles de detección	Detección	NPR	Acciones recomenda das	responsabilidad y fecha compromiso	Acciones tomadas y fecha de finalización	severidad	ocurrencia	atención	NPR

Fuente: <https://es.scribd.com/document/463441523/formato-AMEF>

Como no fue posible mostrar el llenado completo del documento se agrega un ejemplo resuelto de la presentación de modos de falla encontrados en una planta endulzadora de gas.

Tabla 10 Fragmento 1 de ejemplo de AMEF

Falla funcional		Modo de falla		Observaciones
1.1	Incapaz de absorber los contaminantes del gas hasta 4 ppm, a una temperatura de 40°C, una presión de 40 kg _r cm ⁻² y un flujo de 88.19 m ³ s ⁻¹ (25 mmcsd)	1.1.1	Obstrucción en internos de torre por suciedad en platos	<i>NOTA: Modo de falla poco creible de suscitarse. No Aplica</i>
		1.1.2	Internos de torre dañados por corrosión / agrietamiento por cloruros	<i>Ninguna</i>
		1.1.3	Empaque de la torre en mal estado.	<i>Ninguna</i>
		1.1.4	Placa de fondo dañada por corrosión	<i>Ninguna</i>
		1.1.5	No suministro de gas húmedo por parte de proveedor externo	<i>NOTA: Modo de falla fuera del alcance de la instalación. No aplica</i>
		1.1.6	Pérdida de contención (fuga) por corrosión / agrietamiento por corrosión – cloruros	<i>Ninguna</i>
		1.2.5	Baleros de Bomba de amina desgastados	<i>Ninguna</i>
		1.2.6	Motor de bomba de amina quemado por sobre-voltaje	<i>Ninguna</i>
		1.2.7	Baleros amarrados por falta de lubricación	<i>Ninguna</i>
		1.2.8	Flecha bomba de amina desalineada	<i>Ninguna</i>
1.2.9	Fuga en sello por desgaste del mismo	<i>Ninguna</i>		

Fuente: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1),15-26.

Siguiendo el mismo ejemplo, el análisis de los efectos de las fallas podría presentarse así:

Tabla 11 Fragmento 2 de ejemplo de AMEF

<i>Modo de falla</i>	<i>Efectos de la falla</i>	<i>Consecuencias de la falla</i>
1.1.2	Derrateo en la producción de gas dulce afectan a otros procesos productivos dentro de la instalación	Disminución en la eficiencia del proceso de absorción de gas, disminuyendo la producción. Se requiere paro de planta para verificación de condición de internos. Dado el patrón de falla, no necesariamente se requiere un paro no programado
1.1.3	Derrateo en la producción de gas dulce afectan a otros procesos productivos dentro de la instalación	Disminución en la eficiencia del proceso de absorción de gas, disminuyendo la producción. Se requiere paro de planta para verificación de condición de internos. Dado el patrón de falla, no necesariamente se requiere un paro no programado
1.1.4	Derrateo en la producción de gas dulce afectan a otros procesos productivos dentro de la instalación	Disminución en la eficiencia del proceso de absorción de gas, disminuyendo la producción. Se requiere paro de planta para verificación de condición de internos. Dado el patrón de falla, no necesariamente se requiere un paro no programado
1.1.6	Impacto en personas y medio ambiente, con posibilidad de intoxicación de sería a grave, incluso posible incendio del gas con daños severos a la instalación y personal. Fatalidades	Liberación de gas amargo, gas dulce y amina con alta temperatura y presión. Se interrumpe la producción de gas dulce. Se requiere estudiar los patrones de falla dado que la corrosión es lineal, pero el agrietamiento es aleatorio
1.2.5	Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento	Se presenta ruido en el equipo, vibración excesiva y puede “amarrarse” la bomba. El patrón de falla es lineal de modo que la misma puede anticiparse. Si se detiene la bomba, se interrumpe el proceso de absorción de gas, por lo tanto la producción de gas dulce
1.2.6	Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento	Incremento de temperatura en el motor. La falla es de súbito, de modo que no necesariamente se puede anticipar. Si se detiene la bomba, se detiene la producción de gas
1.2.7	Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento	Incremento de temperatura y ruido previo a la presencia de la falla, la bomba se detendrá interrumpiendo la producción de gas dulce
1.2.8	Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento	Ruido en el motor y aumento de vibración. La bomba puede detenerse. Interrupción de la producción
1.2.9	Se presentan consecuencias a la producción equivalentes al tiempo que tarde en reemplazarse la bomba y/o corregir la falla. Adicionalmente los costos propios del mantenimiento. Se tiene impacto menor al medio ambiente y al personal, de leves a moderados si existe contacto	Liberación de amina al medio ambiente, se requiere parar la bomba para cambiar el sello y eliminar la fuga. El patrón de falla puede predecirse dado que se trata de un desgaste

Fuente: Análisis de modos de falla, efectos y criticidad (AMFEC) para la planeación del mantenimiento empleando criterios de riesgo y confiabilidad. Tecnología, Ciencia, Educación, 25(1), 15-26.

El paso final sería la jerarquización del riesgo de los modos de falla con base en la severidad, ocurrencia e índice de detección.

Para la generación del plan de control en el encabezado de colocan los siguientes puntos;

- Indicar la fase en la que nos encontramos (prototipo, preserie, serie), añadir el número interno del documento creado, hacer referencia del producto en cuestión, indicar la planta donde se realiza el montaje.
- Añadir la persona responsable del documento y el equipo de trabajo.
- Indicar fecha de actualización e información de liberación del cliente.

Para el cuerpo del plan de control de debe de poner la siguiente información;

- Pieza/Número de proceso: Identificar el número de componente, subgrupo a montar y el número del proceso definido en el diagrama de flujo del proceso.
- Nombre de proceso/Descripción de operación: Indicar breve descripción del proceso a realizar o de la operación que se quiere controlar.
- Máquina o Utillaje usado: Indicar qué máquina o utillaje se ha designado para el montaje en el proceso definido.
- Número de característica: Número de característica especial a controlar, de producto o de proceso.
- Característica de producto: Características especiales definidas, especificaciones de cliente, tolerancias, requerimientos de cuadernos de cargas.
- Característica de proceso: Parámetros de ajuste, características de máquina, herramientas o utillajes.
- Clase de característica especial: Puede indicarse el símbolo para indicar características funcionales, de reglamentación o de seguridad.
- Especificaciones/Tolerancias: Requerimientos definidos para ese paso del proceso, provenientes de documentación técnica o planos.

- Evaluación/Medida/Técnica del método: Método usado para controlar la característica en cuestión.
- Tamaño de muestra: Especificar cuantas piezas se van a controlar.
- Frecuencia de muestra: Indicar la frecuencia del control, por ejemplo, al inicio y final de turno o con un 100% de control.
- Método de control: Tipo de seguimiento, ya sea vía gráficos de control o listado de fallos encontrados.
- Plan de reacción: Aquí se debe de indicar el responsable a contactar en caso de parada y el plan de acciones correctivas a implementar de forma inmediata.

Tabla 13 Fragmento 1 ejemplo resuelto de plan de control

EJEMPLO										
SISTEMA DE GESTION DE LA CALIDAD										CODIGO
PLAN DE CONTROL DE PROCESO DISEÑO Y DESARROLLO										
ELABORACION DE PLANO										
NRO.	ETAPA CRITICA DEL PROCESO	CONTROL A REALIZAR	REQUISITOS, CARACTERISTICAS O ESPECIFICACIONES A CUMPLIR	FRECUENCIA DE CONTROL	METODO Y MUESTRA	DOCUMENTACION DE REFERENCIA	INSTRUMENTOS DE MEDICION	RESPONSABLE DE CONTROL	REGISTRO DEL CONTROL	ACCIONES A TOMAR
	(paso, etapa, actividad, operación, etc. crítica)	(paso, etapa, actividad, operación, etc. crítica)	(cualitativas y cuantitativas, fáciles y explícitas)	(diaria, interdiaria, semanal, mensual, semestral, anual, etc.)	Método visual, documental, instrumental, Muestra al azar, representativa, al 100%	(Especificaciones, Cambios, Normas, Planos, Procedimientos, Estudios, etc)	(calibrador, wincha, balanza, reloj, termómetro, mandmetro, etc)	(persona encargada de realizar y registrar el control)	(evidencia de que se ha realizado el control, registro, informe, listado, planillas, hojas de control, etc)	(Acciones a tomar en los casos en que los controles muestren incumplimiento de los requisitos o especificaciones).
1	-Recibir Orden de Trabajo o Orden de Fabricación.	-Revisa Documento	-Información técnica completa -Fecha de Entrega -Firmas Autorizadas	-Cada vez que se recibe una Orden de trabajo	-Documental. Al 100%	-No aplica.	-No Aplicable	-Responsable de de Diseño y Desarrollo	-Registro de Control de Elaboración de Plano.	- Informar al responsable de Supervisión de Planta para tomar las acciones del caso
2	-Recibir la muestra y toma de medidas	-Verificar muestra y medidas	1 Perfil del retén 2 Tipo de caucho 3 Ø Exterior 4 Ø Interior 5 Altura del producto 6 Ø Del resorte	-Cada vez que se recibe muestra	- Instrumental I - Visual. Al 100%	-Orden de Trabajo Normas para Diseño y Desarrollo WB	-Calibrador y profundímetro	-Asistente de Diseño	-Registro de Control de Elaboración de Plano.	-Aplicar Proced. De NC. - Informar al Asistente Técnico
3	-Elaboración de plano en Software (CAD)	-verificar que el dibujo este correctamente elaborado	-Línea Llena Gruesa -Línea Llena Delgada -Línea de Trazos -Líneas de Trazos y Punto (Delgada) -Línea Trazo Punto Fino y Grueso en extremos -Acotado -Tolerancias -Achurado	-Cada vez que se elabora un plano.	-Documental. Al 100%	- Orden de Trabajo -Normas de dibujo ISO NTP 833.004; 833.017,833.007	-No Aplicable	-Asistente de Diseño	-Registro de Control de Elaboración de Plano.	-Corregir Deficiencias

Fuente: <https://es.scribd.com/document/473518044/EJ7-Plan-de-control-de-proceso#>

Con la actualización de los documentos se pretende que las acciones documentadas se lleven a cabo de acuerdo al plan de control y AMEF y así poder controlar de una forma más eficiente la realización de las tareas, lo que conlleva a menor pérdida de tiempo por parte de los trabajadores y a que conozcan más a fondo el proceso productivo.

Es importante que todos los empleados conozcan y practiquen las políticas de la empresa para generar sentido de pertenencia. En todas las empresas es importante llevar registro de los métodos de trabajo y los procedimientos para que puedan ser consultados por sus empleados y poder así trabajar para lograr la calidad de los productos o servicios que ofrece la empresa.

Para la estandarización de trabajo se plasmará en el plan de control y AMEF las ayudas visuales creadas para que los documentos tengan una trazabilidad y sea más comprensible su interpretación y rastreo.

4.5.3 Evaluación de los resultados obtenido

A continuación, se muestra el desarrollo de la actividad H.

H. Generar una comparativa de efectividad diseñada contra la real

Después de generar todas las mejoras se pasó a tomar de nuevo los tiempos de la línea con el tamaño de muestra y números aleatorios generados en el apartado de población y muestra, de dichas piezas se tomaron 7 tiempos los cuales se dividen en tiempos que hace el robot y el operador dentro de las estaciones de trabajo, donde se muestran a continuación los tiempos realizados por el robot:

- *Arrange blank* que es la toma de las plantillas estampadas.
- *a/w twb* (soldadura de platillas).
- *Weld check* (prueba de dimensión de control de soldadura).
- *Marking/palletize* (marcaje de pieza y colocación en área de producto terminado).

Los tiempos del operador son los siguientes:

- El abastecimiento de *magazine* (contenedor con plantillas estampadas) en la operación 1 del robot “*arrange blank*”.
- Cambios de electrodos en la operación 2 del robot “*a/w twb*”.
- Limpieza de boquilla de soldadura mientras el robot hace la revisión de los cordones de la pieza en la operación de “*arrange blank*”.

Esta toma de tiempos ya con los cambios implementados en el proceso productivo se fue registrando en una tabla en Excel, donde al finalizar la medición de los tiempos se pasó a calcular el promedio de cada una de las operaciones y de las operaciones en general (del robot y del operador).

Para el cálculo de la efectividad se debe de calcular principalmente la eficiencia y la eficacia actual.

Primero se pasó a calcular la eficacia de la línea de producción donde se tomó como dato alcanzado 51 piezas debido a que al colocar todos los datos en el *timing chart inicial* o tabla de tiempos se pudo identificar más fácilmente que el dato con mayor ponderación dentro de dicha tabla sobrepasa el tiempo ciclo (suma de tiempo maquina y humano) dentro de planeado por lo que al multiplicar por el 100% y dividirlo entre el número total de piezas por hora planeadas, es decir 55 piezas nos genera el resultado de la eficacia.

Para el cálculo de la eficiencia de la línea de producción se utilizó la formula número 2 que se muestra a continuación;

$$\text{Eficiencia} = \frac{\left(\frac{\text{Resultado alcanzado}}{\text{Costo real}}\right) * \text{Tiempo invertido}}{\left(\frac{\text{Resultado esperado}}{\text{Coste estimado}}\right) * \text{Tiempo previsto}}$$

Donde se tomó como dato alcanzado 51 piezas por hora calculado en la actividad de toma de tiempos. Como resultado esperado se tomaron las 55 piezas plan por hora, para el costo real 85.0970 USD y costo estimado 80.1829 USD se tomó el valor de que es el dato proporcionado por el departamento de Marketing and sales.

Para el tiempo invertido y tiempo previsto se analizó tomando como dato 60 minutos que fue el tiempo que se tiene calculado sobre las piezas alcanzadas y esperadas.

Al tener el valor de la eficacia 92.72% y la eficiencia 86.48% se procedió a sustituir los valores de dichos resultados en la fórmula de la efectividad que se muestra enseguida:

$$\text{Efectividad: } \frac{(\text{Puntaje de eficiencia} + \text{Puntaje de eficacia}) / 2}{\text{Máxima puntuación posible}}. \quad (\text{Formula 3})$$

L. Calcular el costo actual de producción.

Para calcular los costos de producción de la línea FR UPR se consideraron tres grandes grupos de gastos: la mano de obra, los materiales (materia prima, empaque y materiales secundarios) y los costos generales de fabricación (energía eléctrica, mantenimiento y depreciación de maquinaria).

Para calcular el costo de la materia prima, se tuvo que contabilizar todos los valores relacionados. Además del precio del producto, el flete, valores de seguros, de aduana y de impuestos también deben entrar en la cuenta.

Para saber cuánto representa la mano de obra en los costos de producción, el cálculo incluyó el sueldo bruto del empleado, aguinaldo, beneficios, uniformes.

Debido a información confidencial de la empresa no se pudieron mostrar datos precisos de los costos de fabricación de la línea.

M. Evaluar la calidad del producto

Para la identificación del nivel de calidad de las piezas dentro del proceso de ensamble, se considera que estas cuenten con longitud de cordón de soldadura en la unión de las plantillas, esto como requisito específico dimensional de cliente, con dichos datos se lleva a cabo un documento propio de la empresa llamado “parámetros de inspección de cordón” mostrado en la actividad D y de sus resultados se hace el llenado en la tabla “Inspección de cordones” mostrada en el apartado de resultados

Para la medición en cuanto a calidad de las condiciones de las piezas se evaluaron las 31 piezas nuevas calculadas en población y muestra, el procedimiento de medición se hace mediante el método de ultrasonidos que consiste en una técnica de ensayo no destructiva indicada para analizar uniones a tope y cordones de gran espesor. Dicha técnica detecta todos los defectos superficiales y profundos.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1 Cálculo del tiempo real de la línea de producción

Para llevar a cabo este objetivo las actividades A y B se realizaron en conjunto, es decir, el estudio de tiempo maquina y talento humano.

La selección de piezas a medir fue determinada de manera aleatoria usando como herramienta de ayuda los números aleatorios en internet.

Los números aleatorios generados fueron los siguientes:

Tabla 14 Números aleatorios de piezas por hora

Muestras a tomar	Número de Pieza
1	33
2	10
3	37
4	53
5	36
6	1
7	6
8	14
9	30
10	7
11	15
12	23
13	11
14	44
15	19

16	21
17	43
18	38
19	20
20	21
21	14
22	28
23	4
24	17
25	40
26	27
27	45
28	54
29	3
30	50
31	49

Fuente: propia

Enseguida de identificar las piezas a medir, se comenzó la toma de tiempos con ayuda de un cronometro y los resultados fueron los siguientes:

- *Arrange blank* que es la toma de las plantillas estampadas.
- *a/w twb* (soldadura de platillas).
- *Weld check* (prueba de dimensión de control de soldadura).
- *marking/palletize* (marcaje de pieza y colocación en área de producto terminado).

Tabla 15 Toma de tiempos reales

	Operación 1		Operación 2		Operación 3		Operación 4
N° de muestra	ARRANGE	BLANK	A/W	TWB	WELD	CHECK	MARKING/
							PALLETIZE
	Robot	Operador	Robo	Operador	Robo	Operador	Robot
1	0.315	0.923	0.423	0.03	1.028	0.14	0.156
2	0.314	0.936	0.421	0.037	1.028	0.138	0.158
3	0.315	0.929	0.419	0.042	1.026	0.112	0.159
4	0.315	0.949	0.42	0.048	1.035	0.12	0.156
5	0.318	0.947	0.433	0.034	1.027	0.119	0.158
6	0.316	0.912	0.422	0.03	1.026	0.13	0.155
7	0.313	0.925	0.419	0.037	1.035	0.143	0.158
8	0.316	1.048	0.423	0.04	1.033	0.121	0.156
9	0.314	0.932	0.423	0.038	1.025	0.108	0.156
10	0.313	0.951	0.423	0.04	1.028	0.193	0.157
11	0.312	0.912	0.42	0.035	1.026	0.166	0.156
12	0.315	0.923	0.421	0.044	1.028	0.17	0.155
13	0.313	0.923	0.419	0.041	1.029	0.18	0.158
14	0.318	0.916	0.421	0.048	1.028	0.159	0.16
15	0.316	0.943	0.423	0.032	1.029	0.158	0.159
16	0.314	0.945	0.422	0.033	1.029	0.107	0.157
17	0.316	0.971	0.418	0.042	1.026	0.158	0.157
18	0.312	0.934	0.423	0.045	1.023	0.185	0.156
19	0.315	0.994	0.422	0.031	1.028	0.11	0.158
20	0.314	1.001	0.421	0.03	1.027	0.161	0.157
21	0.313	1.012	0.423	0.048	1.026	0.11	0.156
22	0.313	0.983	0.423	0.047	1.028	0.165	0.158
23	0.315	0.936	0.42	0.045	1.028	0.179	0.156
24	0.312	1.013	0.423	0.056	1.027	0.104	0.158
25	0.316	1.004	0.426	0.041	1.029	0.174	0.157
26	0.314	1.019	0.424	0.044	1.028	0.188	0.158
27	0.316	1.077	0.422	0.041	1.024	0.157	0.157

28	0.316	0.956	0.423	0.045	1.027	0.168	0.157
29	0.316	0.856	0.419	0.048	1.024	0.188	0.158
30	0.313	0.924	0.421	0.044	1.028	0.164	0.155
31	0.315	0.916	0.42	0.058	1.025	0.105	0.156
promedio	0.315	0.955	0.422	0.041	1.028	0.148	0.157

Fuente: propia

De los datos obtenidos se promediaron los tiempos operador y robot para considerar individualmente la eficacia que tenían dentro de la línea de producción con la siguiente formula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad (\text{Formula 6})$$

Donde:

$\sum x$ = La sumatoria de todos los valores en X en este caso el promedio.

n= La cantidad del número de datos promediados.

Sustituyendo los datos en la formula tenemos lo siguiente;

$$\text{Promedio de tiempo maquina} = \frac{0.315+0.422+1.028+0.157}{4} = 0.4805$$

$$\text{Promedio de tiempo hombre} = \frac{0.955+0.040+0.148}{3} = 0.3813$$

Estos son los resultados obtenidos, donde tenemos que el promedio de los promedios del tiempo maquina/robot es de 0.4805 minutos y el tiempo hombre/operador es de 0.3813 minutos.

Con los tiempos tomados en la tabla 5, generamos un timing chart para facilitar la identificación de los tiempos reales de producción, donde obtuvimos lo siguiente;

Tabla 16 Timing chart inicial

YA GM	Production volume/ Month	Unit=minute		Unit=day	Over time	General efficiency	Unit=man*min ute	Unit=man*minute/ month
		1st.	3rd.	Working day/mont h	hour/m onth		Working time/month	CYCLE time
	20,333	530	450	20.50	0	90.0%	20,090	0.99

Required Cycle Time
(Tiempo en que se ejecuta el proceso) **0.99**

Proc ess num ber	Process name	DESIGN TIME			
		M/C	ROBOT	CYCLE	
1	ARRANGE BLANK	0.955	0.315	1.2700	
2	A/W TWB	0.041	0.422		Request pieces /day
3	WELD CHECK	0.148	1.028	1.176	
4	MARKING/ PALLETIZ E		0.157	0.157	PPH =43

992

Fuente: propia

Analizando los datos obtenidos y considerando el tiempo ciclo (suma de tiempo humano y maquina) de mayor ponderación dentro de las actividades, se puede observar que el tiempo que genera el cuello de botella marcado de color rojo , sobrepasa el tiempo ciclo requerido según lo planeado, por lo que al multiplicar el cuello de botella por los 60 minutos de producción se obtiene que con esos datos la producción por hora es de 43 piezas lo que nos indica que la producción está debajo de lo planeado que son 55 piezas por hora.

Con el uso de estas herramientas se determinó que en ninguna de las áreas el trabajo estaba distribuido equitativamente.

C. Calcular de eficacia de la línea, talento humano y tiempo máquina.

Para el cálculo de la eficacia de la línea se consideraron diversos factores que fueron; el resultado alcanzado (resultado actual) y el resultado previsto (resultado planeado).

Donde:

Resultado alcanzado= 43 piezas por hora

Resultado previsto = 55 piezas por hora

Sustituyendo los datos en la formula se obtiene lo siguiente;

$$\text{Eficacia} = \frac{43 \text{ piezas por hora}}{55 \text{ piezas por hora}} * 100 = 78.18 \%$$

Se puede analizar que actualmente la línea de producción se encuentra con un 78.18% de eficacia estando por debajo de lo planeado que es 90%.

Para el cálculo de la eficacia del tiempo hombre y tiempo maquina se tomaron los tiempos planeados (*timing chart* de diseño de los Anexos) y los tiempos reales (*timing chart* tabla 7).

Tabla 17 Tiempos planeados

Process number	Process name	DESIGN TIME		
		M/C	ROBOT	CYCLE
1	ARRANGE BLANK	0.030	0.424	0.4540
2	A/W TWB	0.754	0.210	0.9640
3	WELD CHECK	0.440	0.430	0.870
4	MARKING/PALLETIZE		0.150	0.150
PROMEDIO		0.408	0.304	

Tabla 18 Tiempos reales

Process number	Process name	DESIGN TIME		
		M/C	ROBOT	CYCLE
1	ARRANGE BLANK	0.041	0.422	0.4630
2	A/W TWB	0.955	0.315	1.2700
3	WELD CHECK	0.148	1.028	1.176
4	MARKING/PALLETIZE		0.157	0.157
PROMEDIO		0.381	0.481	

Para el cálculo de la eficacia del talento humano se sustituyen los datos en la formula como se muestra a continuación;

Donde:

Resultado alcanzado= 0.381 minutos

Resultado previsto= 0.403 minutos

$$Eficacia = \frac{0.381 \text{ minutos}}{0.408 \text{ minutos}} * 100 = 93.38\%$$

Se logra identificar que el tiempo/operador se encuentra en un nivel deseable y por lo tanto no es un factor que está afectando a la eficacia de la línea.

Para el cálculo de la eficacia del robot se tiene lo siguiente:

Sustituyendo los datos en la formula se obtiene lo siguiente;

Donde:

Resultado alcanzado= 0.304 minutos

Resultado previsto= 0.481 minutos

$$Eficacia = \frac{0.304 \text{ minutos}}{0.481 \text{ minutos}} * 100 = 63.20\%$$

Lo que indica que el tiempo maquina se encuentra por debajo de lo planeado y provoca que el proyecto se encuentre en malas condiciones de acuerdo a tiempos de fabricación y que no satisface la demanda requerida.

D. Calcular la eficiencia de la línea

Sustituyendo los datos en la fórmula de eficiencia se obtuvieron los siguientes resultados;

Donde:

Resultado alcanzado= 43 piezas por hora

Resultado previsto= 55 piezas por hora

Costo real= 85.0970 USD

Costo estimado= 80.1829 USD

Tiempo invertido= 60 minutos

Tiempo previsto= 60 minutos

$$\text{Eficiencia} = \frac{\left(\frac{43 \text{ piezas por hora}}{85.0970 \text{ USD}}\right) * 60 \text{ min}}{\left(\frac{55 \text{ piezas por hora}}{80.1829 \text{ USD}}\right) * 60 \text{ min}} =$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{(0.5053) * 60 \text{ min}}{(0.6859) * 60 \text{ min}} =$$

$$\text{Eficiencia} = \frac{30.3183}{41.1559} = 0.7291 * 100 = 72.91\%$$

Lo que nos indica que la línea de producción no cuenta con un nivel de eficiencia satisfactorio para el cumplimiento de los objetivos.

5.2 Reducción el tiempo de inactividad no planificado, operativo y maquina

Se realizo de manera simultánea las actividades C y D que es la redistribución de la maquinaria y herramienta y la actualización de *lay out* de línea

Analizando los datos obtenidos en el estudio de tiempo operador generado en el objetivo 1 podemos observar que la colocación de platillas en el área de *arrange blank* (toma de plantillas), es de solo 0.315 minutos promedio, pero el tiempo de abastecimiento de magazine dentro de la misma operación le agrega 0.955 minutos lo que genera que en dicha operación se tenga un tiempo de 1.2700 minutos siendo está mayor al tiempo ciclo requerido lo que indica que esta actividad debería de reducir su tiempo por lo que se propone se coloquen *magazine places* en la

operación 1 como se muestra en la ilustración 12 para tener una mejor distribución del proceso.

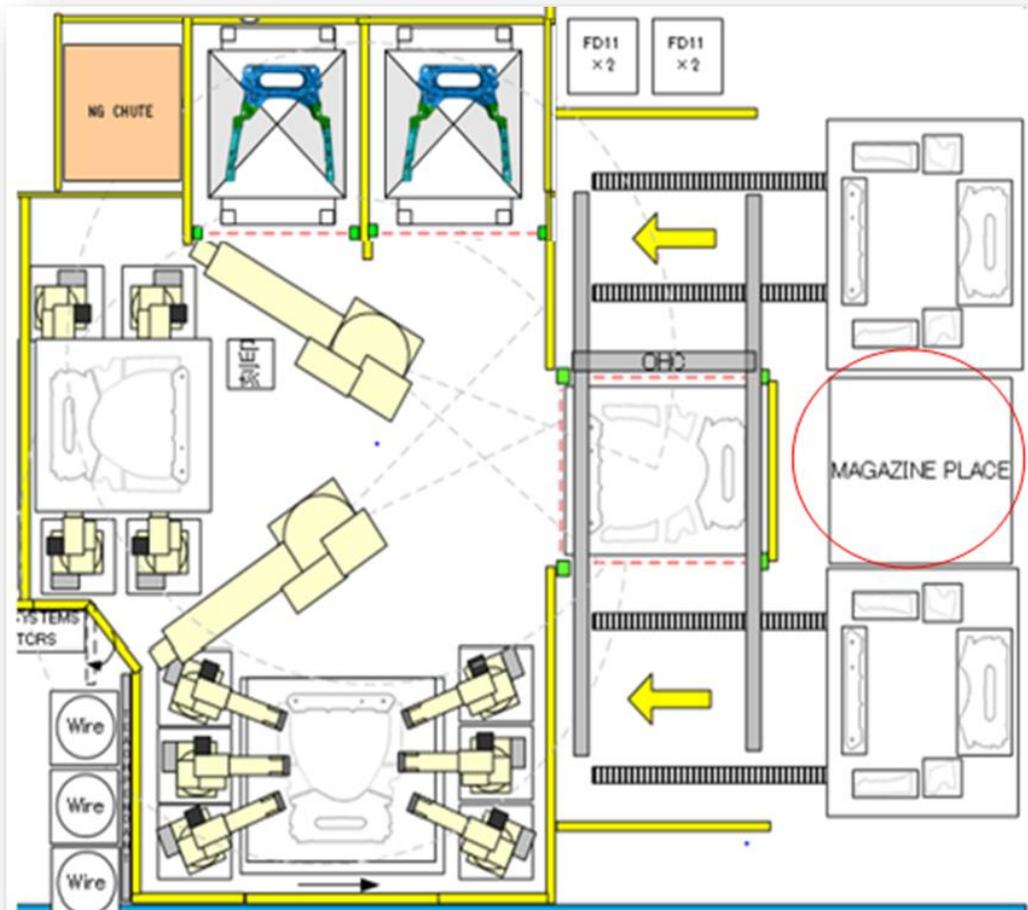


Ilustración 8 Lay out propuesto

Fuente: propia

Como se puede observar en la ilustración anterior el proceso de producción está en forma secuencial lógica para ahorrar tiempo en el traslado de una operación y otra ya que la producción es en masa, que son aquellas que debido al producto o servicio que proporcionan no dejan de trabajar, o bien si se detiene la producción en cualquier parte de la línea, esta se detiene totalmente.

D. Realizar ayudas visuales en el área productiva.

El contenido de la ayuda visual plasma una de las partes del proceso más complicadas para el operador ya que es la colocación de los pernos posicionadores en la operación 1, los pernos posicionadores son marcados con un círculo de color azul dentro de la base en la operación 1 y se muestra enseguida otra imagen donde se puede apreciar la función que tendrán los pernos que es mantener las plantillas estampadas fijas para su soldadura como se muestra a continuación.

YORZU		AYUDA VISUAL		Elaboró: ANA SOFIA SANCHEZ
Área Originadora: INGENIERIA				Revisó: SALVADOR LAGUNA
Código: AV611YAGML21B.001	Título: Pernos Operación 1			Autorizó: DAVID VIEYRA
Fecha Rev. 09/09/2019	Nombre de Parte/Operación	Numero de parte/Estación	Nivel Ingeniería	Característica proceso: <input checked="" type="checkbox"/>
Nivel Rev. E	FR UPR	54403 OP. #1	D18-0099	Característica producto: <input type="checkbox"/>
Contenido/Foto:				
<p>PAC423.01</p> <p>F511YAGM-004 Rev.+A1:M48 0 19-Mayo-14</p>				

Ilustración 9 Ayuda visual 1

Fuente: propia

La ayuda visual número 2 “distribución de *blanking* en *magazine*” se plasma la imagen de la operación #1 donde se colocan los *blanking* (piezas estampadas) en la posición correcta para que el robot rotador (gira 360 grados) las seleccione unidas y las cambie de proceso. En esta ayuda visual también se mostraron la codificación de la cada pieza estampada y la codificación que toma la pieza al ensamblarse completamente como se puede observar en la ilustración 14.

YORZU		AYUDA VISUAL		Elaboró: ANA SOFIA SANCHEZ
Área Originadora: INGENIERIA				Revisó: SALVADOR LAGUNA
Código: AV611YAGML21B.003	Titulo: Distribución de Blanking en Magazine			Autorizó: DAVID VIEYRA
Fecha Rev. 09/09/2019	Nombre de Parte/Operación	Numero de parte/Estación	Nivel Ingeniería	Característica proceso: <input checked="" type="checkbox"/>
Nivel Rev. E	FR UPR L21B TWB	ESTACION #1	D18-0099	Característica producto: <input type="checkbox"/>
Contenido/Foto:				
54403				
				
CONFIDENCIAL				
PAC423.01				F511YAGM-004 Rev. 0 19-Mayo-14

Ilustración 10 Ayuda visual 2

Fuente: propia

Por cuestión de confidencialidad de la empresa no es posible mostrar todas las ayudas visuales generadas por lo que en un formato de tabla llamada “Listado de ayudas visuales generadas” se recopiló información de todas las ayudas visuales realizadas para la línea de producción, la cual podemos encontrar en el apartado de Anexos.

De las ayudas visuales mostradas solo se autorizaron colocar dos con la leyenda de “confidencialidad”.

5.3 Medición de la calidad del producto

A continuación, se muestran los resultados de la actividad E.

E. Medir la calidad del producto

La evaluación de la calidad de los productos se realizó mediante el método de ultrasonido, el equipo utilizado para la aplicación de estas técnicas es capaz de generar, emitir y captar haces de ondas muy bien definidas sujetas a las leyes de reflexión al encontrar en su trayectoria un cambio en las propiedades físicas del medio en el cual se propagan. Al ser captadas, son analizadas según el objetivo del equipamiento y con la determinación del tiempo transcurrido desde su emisión hasta su recepción, puede conocerse la distancia recorrida, al ser la velocidad previamente establecida, a continuación, se muestran los resultados obtenidos de una de las piezas evaluadas de los datos obtenidos del escaneo, por cuestión de confidencialidad no es posible mostrar el resultado de cada una de las 31 piezas analizadas.

Se puede observar en la siguiente ilustración el cordón 1 y 2 y el estatus de sus características evaluadas.

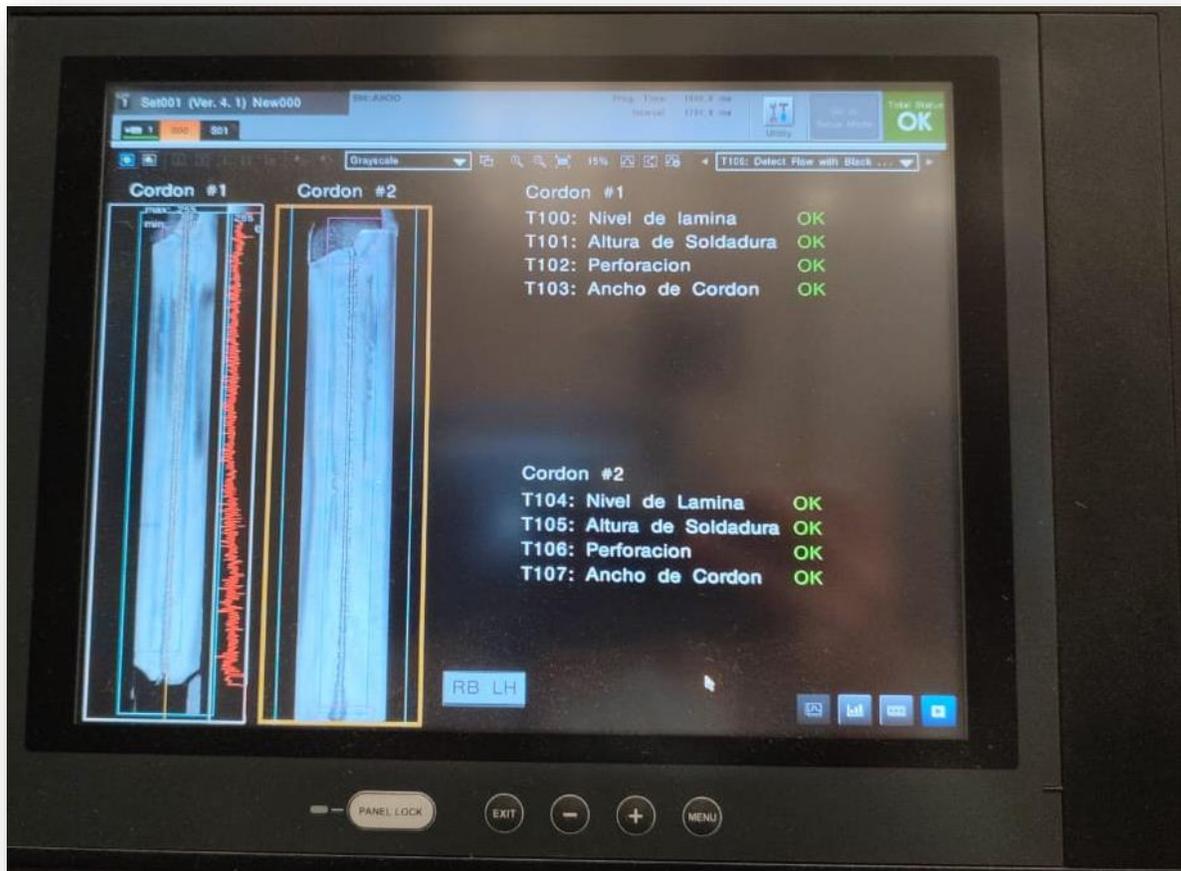


Ilustración 11 Resultados de ultrasonido cordón 1 y 2

Fuente: propia

Se puede observar en la siguiente ilustración el cordón 1 y 2 y el estatus de sus características evaluadas.

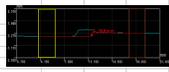
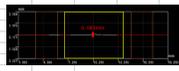


Ilustración 12 Resultado de ultrasonido cordón 3 y 4

Fuente: propia

En la siguiente tabla se puede observar los resultados obtenidos de la prueba de ultrasonido.

Tabla 19 Inspección de cordones

YORZU																	INSPECCIÓN DE CORDONES				PLAN DE CONTROL		D11YA01			
Nombre de la parte:																	FR UPR				Modelo:		L21B		Elaboró: ANA SOFIA SANCHEZ	
Número de parte:																	S4403				Revisó: SALVADOR LAGUNA		D18-0099		Autorizó: DAVID VIEIRA	
Muestras a tomar	Número de Pieza	Cordón 1				Cordón 2				Cordón 3				Cordón 4				Resultado	Ejemplo de defectos							
		Nivel	Altura	Perforación	Ancho																					
1	33	OK	OK	OK	OK	OK	 <p>1</p> <p>NIVELES DIFERENTES</p>  <p>2</p> <p>CORDON CON POCA ALTURA</p>  <p>3</p> <p>PERFORACION</p>  <p>4</p> <p>CORDON MUY ANCHO</p>																			
2	10	OK	OK	OK	OK	OK																				
3	37	OK	OK	OK	OK	OK																				
4	53	OK	OK	OK	OK	OK																				
5	36	OK	OK	OK	OK	OK																				
6	1	OK	OK	OK	OK	OK																				
7	6	OK	OK	OK	OK	OK																				
8	14	OK	OK	OK	OK	OK																				
9	30	OK	OK	OK	OK	OK																				
10	7	OK	OK	OK	OK	OK																				
11	15	OK	OK	OK	OK	OK																				
12	23	OK	OK	OK	OK	OK																				
13	11	OK	OK	OK	OK	OK																				
14	44	OK	OK	OK	OK	OK																				
15	19	OK	OK	OK	OK	OK																				
16	21	OK	OK	OK	OK	OK																				
17	43	OK	OK	OK	OK	OK																				
18	38	OK	OK	OK	OK	OK																				
19	20	OK	OK	OK	OK	OK																				
20	21	OK	OK	OK	OK	OK																				
21	14	OK	OK	OK	OK	OK																				
22	28	OK	OK	OK	OK	OK																				
23	4	OK	OK	OK	OK	OK																				
24	17	OK	OK	OK	OK	OK																				
25	40	OK	OK	OK	OK	OK																				
26	27	OK	OK	OK	OK	OK																				
27	45	OK	OK	OK	OK	OK																				
28	54	OK	OK	OK	OK	OK																				
29	3	OK	OK	OK	OK	OK																				
30	50	OK	OK	OK	OK	OK																				
31	49	OK	OK	OK	OK	OK																				

Fuente: propia

La imagen que se muestra a continuación es un fragmento aumentado de la tabla 12 “inspección de cordones”

YORZU					
Nombre de la parte:					
Numero de parte:					
Muestras a tomar	Número de pieza	Cordón 1			
		Nivel	Altura	Perforación	Ancho
		OK	OK	OK	OK
2	10	OK	OK	OK	OK
3	37	OK	OK	OK	OK
4	53	OK	OK	OK	OK
5	36	OK	OK	OK	OK
6	1	OK	OK	OK	OK
7	6	OK	OK	OK	OK
8	14	OK	OK	OK	OK
9	30	OK	OK	OK	OK
10	7	OK	OK	OK	OK

Ilustración 13 Fragmento de tabla de inspección de cordones

Fuente: propia

En la ilustración de inspección de cordones se documentan los parámetros: nivel, altura, perforación y ancho que se evalúan en los 4 cordones que tiene la pieza, mismos valores que se especifican en el apartado de método en la tabla de parámetros de inspección de cordón.

En la siguiente imagen se puede visualizar de mayor magnitud los posibles defectos que puede tener la pieza.

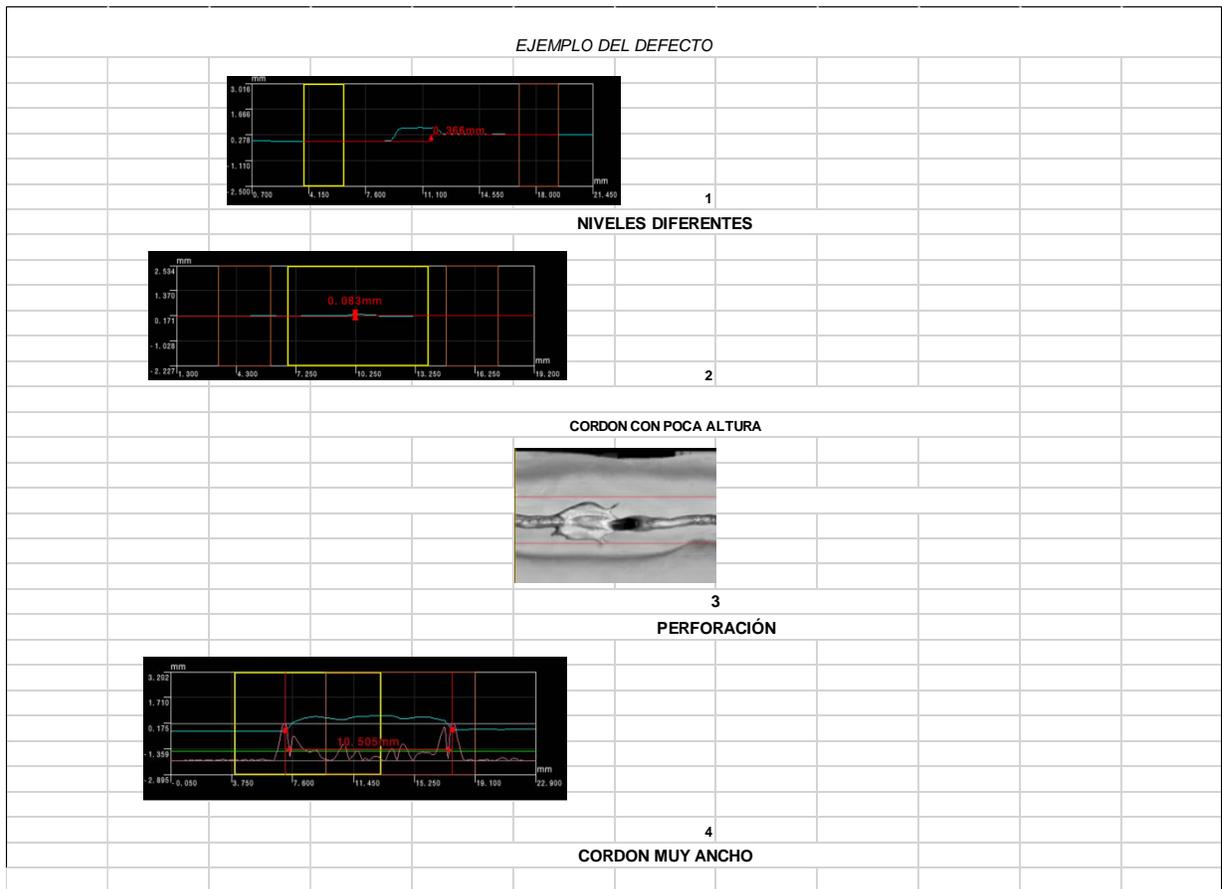


Ilustración 14 Ejemplo de defectos

Fuente: propia

Defecto: Diferentes niveles/ cordón muy ancho

Este defecto puede ser causado, ya sea por un diseño inicial deficiente, o por una falta de planeación en cuanto al nivel de contracción de los metales, provocando una unión defectuosa de las piezas, e incluso, un recalentamiento de la misma.

Defecto: cordón con poca altura

Provocados por un calentamiento irregular, o una secuencia inadecuada en la operación, provocando una contracción incorrecta de las piezas. Usted puede suavizarla conformando y eliminando las tensiones de las piezas antes de soldar, así como haciendo una inspección rigurosa de la secuencia del proceso.

Defecto: Perforación

Este problema es causado regularmente por un mal manejo y selección del electrodo, o un amperaje demasiado alto.

Se puede analizar que de los resultados obtenidos de la inspección solo se tiene 3 piezas defectuosas, 2 por perforación y una por altura esto en uno de sus cordones. Dichas piezas equivalen al 9.67% de los defectos, es decir se encuentra dentro de los rangos de aceptación de piezas defectuosas, a continuación, se hace una representación gráfica para mayor entendimiento.

Tabla 20 Porcentaje de defectos

	Total	Okay	NG
Piezas	31	28	3
Porcentaje	100	90.3225806	9.67741935

Fuente: propia



Ilustración 15 Porcentaje de piezas defectuosas

Fuente: propia

De la imagen anterior se puede mostrar que el color naranja expresado con el 10% es el equivalente al porcentaje de piezas defectuosas(N/G), sin embargo, el color azul representa el porcentaje de piezas Okay (en buen estado) de las piezas analizadas, lo que determina que no se presenta complicaciones significativas en cuestión de calidad de las piezas.

F. Balancear la línea de producción

Del recorrido que anteriormente tenía el robot en la operación 2 (A/W TWB) se generó un nuevo recorrido para la disminución de tiempo ocio que tenía el mismo ya que, el recorrido que se hacía anteriormente tomaba una pausa antes de colocar las plantillas.

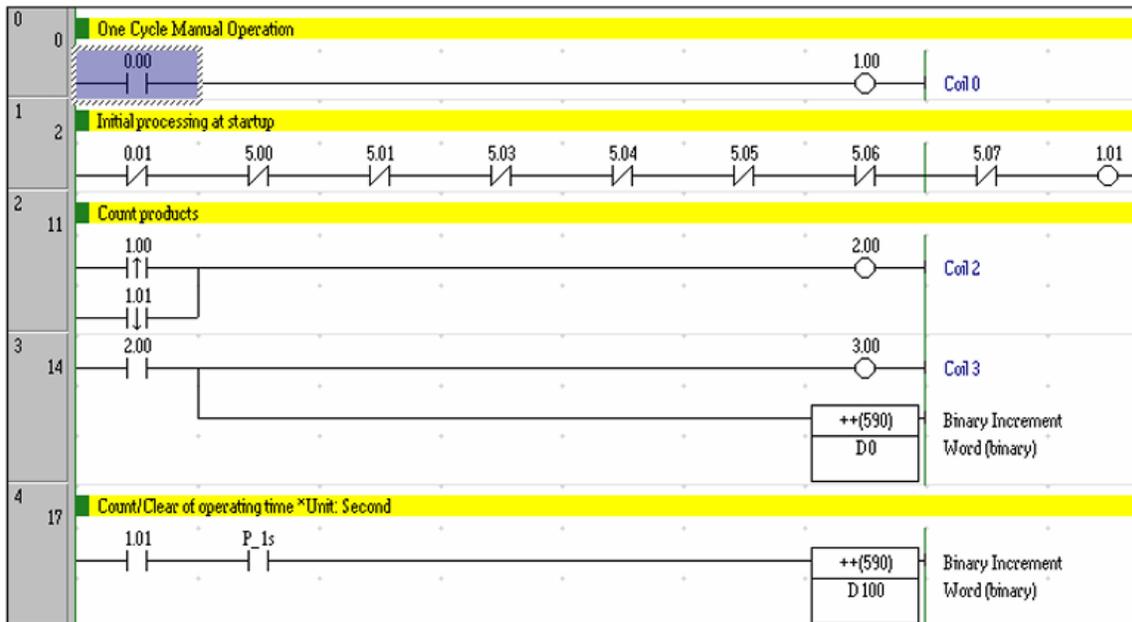


Ilustración 16 Código de programación

Fuente: propia

Como limitante se tiene la exclusividad de la programación completa del recorrido de robot, pero se muestra un fragmento, dicha programación está directamente conectada con el PLC de los sensores que se encuentran en la línea de producción.

Los resultados obtenidos de la programación se podrán visualizar en conjunto con las demás actividades donde se genere nuevamente un cálculo de tiempos, es decir en un resultado general final ya que esta actividad no tiene un resultado individual.

G. Estandarización de trabajo por medio de plan de control y AMEF de proceso

Como se menciona en el apartado de método por cuestión de confidencialidad no será posible visualizar completamente los formatos, pero a continuación se muestran diversos fragmentos del AMEF donde se puede apreciar los diversos análisis de efecto y fallo es decir problemas potenciales que pueden ocurrir en el proceso.

RENAULT NISSAN
ANPQP - PROCESS POTENTIAL FMEA

R/N Project: L21B

Safety Regulation Nissan Remark Impt A Impt B Impt C OBD

Doc Ref. No. / Ver.: PFMEA-L21B-54403
Doc. Rev. Date: 14-dic-13
Doc. Origin Date: 14-may-13

Supplier Name: YOROZU AUTOMOTIVE GUANAJUATO DE MEXICO SA DE CV
Supplier Plant Name: APASEO EL GRANDE, GUANAJUATO, MEXICO
Supplier Code: D61YAA52
Author: Ana Sofia Sánchez Vigil
E-mail: sofia.sanchez@yorozumex.com
Tel. No: (413) 158 64 00

Part Name: FR LUPR
Part No. & Issue Level: 54403
Design Note No. / DEVO: D18-0099

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Class	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection R. P. N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Result			
												Actions Taken	Priority	Current Occurrence	Proposed Occurrence
ORGANIZACIÓN DE BLANKING (EST#1)	FALTA DE MATERIAL EN MAGAZINE	PARO DE LINEA	3	NA	FALTA DE ABASTECIMIENTO	2	PLAN DE PRODUCCION	INSPECCION VISUAL	8 48	NINGUNA					

Ilustración 17 AMEF fragmento 1

Fuente: propia

RENAULT NISSAN
ANPQP - PROCESS POTENTIAL FMEA

R/N Project: L21B

Safety Regulation Nissan Remark Impt A Impt B Impt C OBD

Doc Ref. No. / Ver.: PFMEA-L21B-54403
Doc. Rev. Date: 14-dic-13
Doc. Origin Date: 14-may-13

Supplier Name: YOROZU AUTOMOTIVE GUANAJUATO DE MEXICO SA DE CV
Supplier Plant Name: APASEO EL GRANDE, GUANAJUATO, MEXICO
Supplier Code: D61YAA52
Author: Ana Sofia Sánchez Vigil
E-mail: sofia.sanchez@yorozumex.com
Tel. No: (413) 158 64 00

Part Name: FR LUPR
Part No. & Issue Level: 54403
Design Note No. / DEVO: D18-0099

Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Class	Potential Cause(s)/ Mechanism(s) of Failure	Occurrence	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Detection R. P. N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Result			
												Actions Taken	Priority	Current Occurrence	Proposed Occurrence
CORRONES DE SOLDADURA (EST. #1) 0.1	CORDON SOCAVADO	FRACTURA DE SOLDADURA	7	NA	CONDICIONES DE SOLDADURA FUERA DE ESPECIFICACION	2	REVISIÓN DE CONDICIONES DE SOLDADURA CONFORME A PARAMETROS DE INSPECCIÓN	ULTRASONIDO	7 98	NINGUNA					

Ilustración 18 AMEF fragmento 2

Fuente: propia

RENAULT NISSAN ANPQP - PROCESS POTENTIAL FMEA															
R/N Project: L21B		Safety Regulation <input type="checkbox"/> Nissan Renault <input type="checkbox"/> Impt A <input type="checkbox"/> Impt B <input checked="" type="checkbox"/> Impt C <input type="checkbox"/> OBD <input type="checkbox"/>				Doc Ref. No. / Ver.: PFMEA L21B-54403									
Supplier Name: YOROZU AUTOMOTIVE GUANAJUATO DE MEXICO SA DE CV				Supplier Code: D61YAA52				Doc. Rev. Date: 14-dic-13							
Supplier Plant Name: APASE DEL GRANDE, GUANAJUATO, MEXICO				Author: Ana Sofía Sánchez Vigil				Doc. Origin Date: 14-may-13							
Part Name: FRIPIPE				E-mail: sofia.santana@yoroazu.com				Tel. No.: (413) 1586400							
Part No. & Issue Level: 54403				Design Note No. / DEVD: 018-0039											
Process Function	Potential Failure Mode	Potential Effect(s) of Failure	Severity	Occur	Potential Cause(s) / Mechanism(s) of Failure	Document	Current Process Controls Prevention	Current Process Controls Detection	Document	R. P. N.	Recommended Action(s)	Responsibility & Target Completion Date	Action Result		
5 ALMACENAJE DE PIEZA EN MAGAZINE (EST. #1)	IDENTIFICACIÓN INCORRECTA DE MATERIAL	FALTA DE TRAZABILIDAD	5	NA	NO SE RESPETA ESTÁNDAR DE TRABAJO, DESCUIDO DEL OPERADOR	2	AYUDA VISUAL	REVISIÓN DE TARJETA VS PIEZA FÍSICA	8	80	NINGUNA				

Ilustración 19 AMEF fragmento 3

Fuente: propia

Lo primero a identificar fue modos de falla, que el producto o proceso falla en cumplir los requerimientos, la intención del diseño.

Como algunos de los factores identificados como modos de fallo se encuentra la falta de soldadura, soldadura defectuosa, mala calidad de la soldadura, entre otras, esto conllevaría a tener que retrabajar los materiales o que las condiciones no sean las adecuadas.

RENAULT NISSAN ANPQP - CONTROL PLAN															
R/N Project: L21B		Safety Regulation <input checked="" type="checkbox"/> Nissan Renault <input type="checkbox"/> Impt A <input type="checkbox"/> Impt B <input checked="" type="checkbox"/> Impt C <input type="checkbox"/> OBD <input type="checkbox"/>				Doc Ref. No. / Ver.: PFMEA L21B-54403									
Supplier Name: YOROZU AUTOMOTIVE GUANAJUATO DE MEXICO SA DE CV				Supplier Code: D61YAA52				Doc. Rev. Date: 14-dic-13							
Supplier Plant Name: APASE DEL GRANDE, GUANAJUATO, MEXICO				Author: DAVID VIEIRA				Doc. Origin Date: 14-may-13							
Part Name: MBR-FR SUSUPR				E-mail: sofia.santana@yoroazu.com				Tel. No.: (413) 1586400							
Part No. & Issue Level: 54403				Design Note No. / DEVD: 018-0039											
No.	Description	Machino, Devico, Jig, Tools for Mfg.	No.	Characteristics			Spec Char. / Key Features / Ident.	Specifications / Tolerances	Evaluation / Measurement Technique	Methods			Control Method	Maintenance	Poka Yoke
				Process	Product	Process				Size	Freqcy	Responsible			
2	COLOCACIÓN DE CORDONES DE SOLDADURA		0.1	APARIENCIA DE SOLDADURA		NA	SIN DEFECTOS COMO: DESCARILAMIENTO, TRASLAPE, SOLDADURA BLOW, HOLE, SOCAVACION, PERFORACION (SRPTA PFT).	VISUAL	100%	DE LA PRODUCCION	PRODUCCION	AYUDA VISUAL DEFECTOS DE SOLDADURA A/V AYMACHTYAGM.02.002	NA	NA	
								MANUAL	1VEZ	CADA 200 PZA	PRODUCCION	CAMBIO DE ELECTRODO FRIEYAGH-01	NA	NA	
								VISUAL	1VEZ	CADA 3 CICLO	PRODUCCION	LIMPIEZA AUTOMATICA DE BOQUILLA	NA	NA	

Ilustración 20 Plan de control fragmento 1

Fuente: propia

R/N Project: L21B		Safety <input checked="" type="checkbox"/> Regulatory <input type="checkbox"/> Nissan <input type="checkbox"/> Inpt A <input type="checkbox"/> Inpt B <input type="checkbox"/> Inpt C <input type="checkbox"/> OBD <input type="checkbox"/>		Doc Ref. No. / Ver: _____										
Supplier Name: YOROZU AUTOMOTIVE GUANAJUATO DE MEXICO SA DE CV		Supplier Code: _____		Doc. Rev. Date: _____										
Supplier Plant: BASE DEL GRANDE GUANAJUATO, MEXICO		Author: DAVID VEYRA		Doc. Origin Date: _____										
Part Name: MBR FR SUSP UPR		Supplier Approval: _____		Email: sofia.sanchez@repsol.com										
Part No. & Issue Level: 54403		Date: 11/12/2009		Tel: _____										
Design Note No. / DEVO: FR-2009		Dept: INDUSTRIA FABRIL		R/N Acknowledgment Date: _____										
<i>Note: Acknowledgment by Renault and/or Nissan shall not release the supplier to any way from its responsibility.</i>														
Process No.	Description	Machine, Device, Jig, Tools for Mfg	No.	Characteristics		Spec. Char./ Key Feature Identif	Specification / Tolerance	Evaluation / Measurement Technique	Methods			Control Method	Maintenance	Poka Yoke
				Product	Process				Size	Freqcy	Responsible			
						NA	DEBEN ESTAR FIRMES LOS PERNOS Y CLAMPS NO DEBE DE HABER JUEGO EN LA PIEZA AL SER CLAMPADA	VISUAL Y MANUAL	1VEZ	TRIMESTRAL	MANTENIMIENTO	HOJA DE REVISION PERIODICA LIMPIEZA DE JIG T12YAGMUG.416	MPJ	
				ESTADO DE PERNOS Y CLAMPS		NA	NO DEBEN TENER DESGASTE EXCESIVO LOS PERNOS LOCALIZADORES Y BASES NO MAYOR A 0.5mm SIN JUEGO, SIN	VISUAL Y MANUAL	1VEZ	PORTURNO	PRODUCCION	AYUDA VISUAL AV 611YAGMLP.B.011	MPJ	NA
						NA		VISUAL Y VERNIER	1VEZ	TRIMESTRAL	MANTENIMIENTO	HOJA DE REVISION PERIODICA JIG DE ENSAMBLE T12YAGMUG.403		

Ilustración 21 Plan de control fragmento 2

Fuente: propia

Para los datos que plasmaron en el plan de control es para poder tener la rastreabilidad de los diversos documentos que nos ayudaran a la fabricación eficiente de las piezas a producir por ejemplo se hace referencia de las ayudas visuales creadas para mayor entendimiento de los operarios. En este formato no solo se incluyen los documentos generados por el área de ingeniería sino también por las distintas áreas de trabajo donde sus actividades sean participes en la calidad del producto por ende se hacen mención de ayudas visuales y formatos de otras áreas por ejemplo calidad y producción.

5.4 Evaluación de los resultados obtenido

Se presenta enseguida la actividad H:

H. Generar una comparativa de efectividad diseñada contra la real

De los datos mencionados en el apartado de método en la actividad K se plasman los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 21 Toma de tiempos final

	Operacion1		Operación 2		Operación 3		Operación 4
N° de muestra	ARRANGE BLANK		A/W TWB		WELD CHECK		MARKING/ PALLETIZE
	Robot	Operador	Robot	Operador	Robot	Operador	Robot
1	0.422	0.038	0.212	0.723	0.921	0.134	0.158
2	0.418	0.037	0.215	0.936	0.928	0.124	0.159
3	0.423	0.035	0.214	0.929	0.926	0.112	0.159
4	0.422	0.036	0.213	0.849	0.926	0.128	0.158
5	0.421	0.041	0.213	0.847	0.927	0.122	0.158
6	0.423	0.034	0.215	0.912	0.926	0.131	0.157
7	0.423	0.041	0.212	0.925	0.926	0.143	0.158
8	0.424	0.045	0.216	0.848	0.926	0.121	0.159
9	0.423	0.038	0.214	0.732	0.925	0.108	0.15
10	0.426	0.04	0.216	0.751	0.928	0.153	0.157
11	0.424	0.037	0.216	0.812	0.926	0.166	0.158
12	0.422	0.032	0.216	0.823	0.928	0.154	0.158
13	0.423	0.038	0.213	0.923	0.927	0.164	0.158
14	0.423	0.034	0.215	0.716	0.928	0.159	0.16
15	0.421	0.03	0.214	0.844	0.927	0.158	0.159
16	0.419	0.037	0.215	0.845	0.927	0.147	0.157
17	0.42	0.04	0.215	0.871	0.926	0.158	0.157
18	0.433	0.03	0.218	0.834	0.923	0.135	0.156
19	0.422	0.034	0.216	0.894	0.928	0.132	0.158

20	0.419	0.038	0.213	0.871	0.927	0.141	0.158
21	0.423	0.04	0.216	0.792	0.926	0.121	0.156
22	0.423	0.035	0.214	0.883	0.928	0.125	0.158
23	0.423	0.034	0.213	0.836	0.928	0.179	0.157
24	0.421	0.031	0.212	0.913	0.927	0.132	0.158
25	0.421	0.038	0.215	0.904	0.927	0.174	0.158
26	0.419	0.032	0.213	0.819	0.928	0.178	0.158
27	0.421	0.033	0.218	0.932	0.924	0.157	0.157
28	0.423	0.032	0.216	0.906	0.927	0.168	0.159
29	0.42	0.035	0.214	0.856	0.924	0.138	0.158
30	0.421	0.031	0.216	0.794	0.928	0.164	0.159
31	0.421	0.038	0.215	0.916	0.925	0.112	0.156
promedio	0.422	0.036	0.215	0.853	0.926	0.143	0.158

Fuente: propia

Con los tiempos tomados en la tabla 14, generamos un *timing chart* para facilitar la identificación de los tiempos reales de producción, donde obtuvimos lo siguiente;

Tabla 22 Timing chart final

YAG M	Production volume/Month	Unit=mi nute		Unit=day	Over time	General efficiency	Unit=man*minu te	Unit=man*minute/m onth
		1st.	3rd .	Working day/month	hour/m onth		Working time/month	CYCLE time
	20,333	530	450	20.50	0	90.0%	20,090	0.99

Required Cycle Time 0.99							
Proc ess num ber	Process name	DESIGN TIME			PPH	REQUERIMI ENTO PIEZAS / DIA	
		M/ C	ROBO T	CYCLE			
1	ARRANGE BLANK	0.03 6	0.424	0.4600	51	992	
2	A/W TWB	0.85 3	0.215	1.0680			
3	WELD CHECK	0.14 3	0.926	1.069			
4	MARKING/PALLE TIZE		0.158	0.158			

Fuente: propia

En la siguiente tabla se muestran los tiempos operados tomados tanto anteriores como mejorados.

Tabla 23 Comparativa tiempo operador

Process number	Process name	DESIGN TIME	
		M/C ANTERIOR	M/C MEJORADO
1	ARRANGE BLANK	0.036	0.030
2	A/W TWB	0.853	0.754
3	WELD CHECK	0.143	0.440
4	MARKING/PALLETIZE		

Fuente: propia

De manera grafica se muestran los resultados donde de color verde se perciben los tiempos mejorados y de color naranja los anteriores.

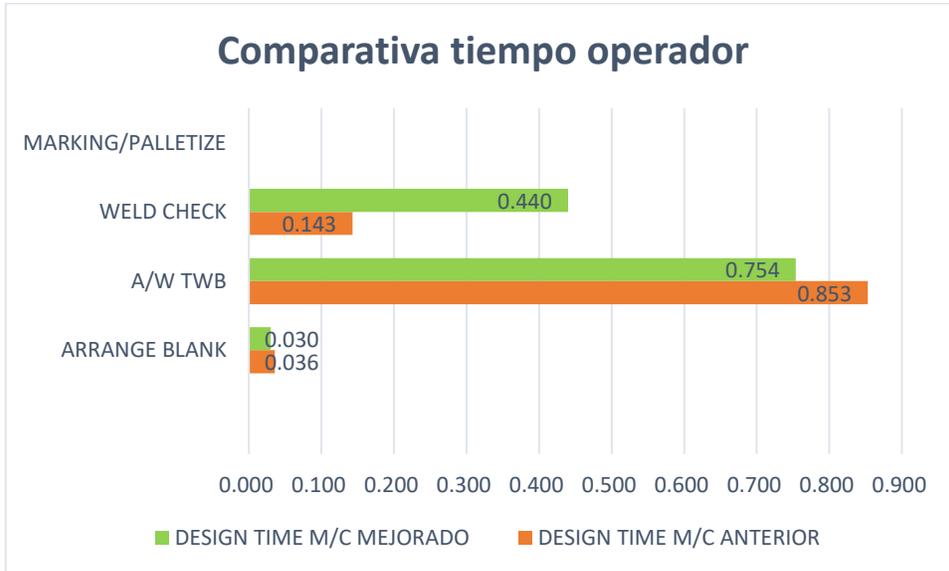


Ilustración 22 Grafica de comparativa tiempo operador

Fuente: propia

En la siguiente tabla se muestran los tiempos de robot tomados tanto anteriores como mejorados.

Tabla 24 Comparativa tiempo maquina

Process number	Process name	DESIGN TIME	
		ROBOT ANTERIOR	ROBOT MEJORADO
1	ARRANGE BLANK	0.424	0.424
2	A/W TWB	0.215	0.210
3	WELD CHECK	0.926	0.430
4	MARKING/PALLETIZE	0.158	0.150

Fuente: propia

De manera grafica se muestran los resultados donde de color verde se perciben los tiempos mejorados y de color naranja los anteriores

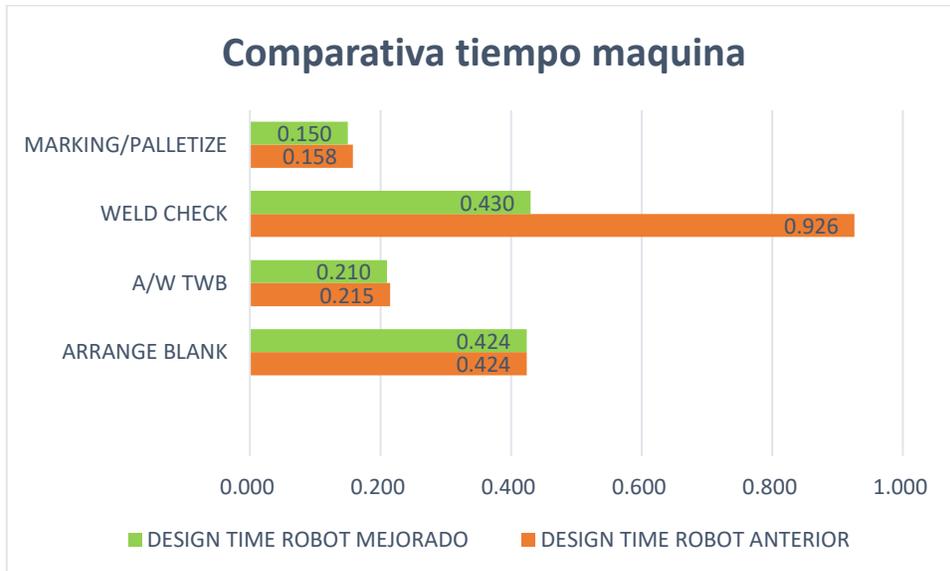


Ilustración 23 Grafica comparativa tiempo maquina

Fuente: propia

Analizando los datos obtenidos y considerando el tiempo ciclo (suma de tiempo humano y maquina), por lo que al multiplicar el valor mayor por los 60 minutos de producción se obtiene que con esos datos la producción por hora es de 51 piezas lo que nos indica que la producción está sigue por debajo de la producción requerida sin embargo incremento su producción anterior de 43 piezas a 51.

Para el cálculo de la eficacia de la línea se consideraron diversos factores que fueron; el resultado alcanzado (resultado actual) y el resultado previsto (resultado planeado).

Donde:

Resultado alcanzado= 51 piezas por hora.

Resultado previsto = 55 piezas por hora.

Sustituyendo los datos en la formula se obtiene lo siguiente;

$$Eficacia = \frac{51 \text{ piezas por hora}}{55 \text{ piezas por hora}} * 100 = 92.72 \%$$

Después del cálculo de la eficacia se procedió a calcular la eficiencia donde se sustituyeron los datos en la fórmula de eficiencia se obtuvieron los siguientes resultados;

Donde:

Resultado alcanzado= 51 piezas por hora

Resultado previsto= 55 piezas por hora

Costo real= 85.0970 USD

Costo estimado= 80.1829 USD

Tiempo invertido= 60 minutos

Tiempo previsto= 60 minutos

$$Eficiencia = \frac{\left(\frac{51 \text{ piezas por hora}}{85.0970 \text{ USD}}\right) * 60 \text{ min}}{\left(\frac{55 \text{ piezas por hora}}{80.1829 \text{ USD}}\right) * 60 \text{ min}} =$$

$$Eficiencia = \frac{(0.5932) * 60 \text{ min}}{(0.6859) * 60 \text{ min}} =$$

$$Eficiencia = \frac{35.5938}{41.1559} = 0.8648 * 100 = 86.48\%$$

El resultado nos indica que la línea de producción cuenta con un nivel de eficiencia del 86.48% es decir que los objetivos se están llevando a cabo con la cantidad correcta de recursos utilizados, pero todavía es necesario reducir sus

recursos para que la línea cuente con el porcentaje solicitado por el cliente que es 90%.

Ya teniendo los datos tanto de eficacia como eficiencia se pasó a calcular la efectividad de la línea.

Donde:

Puntaje de eficiencia= 86.48%

Puntaje de eficacia= 92.72%

Máxima puntuación posible= 100%

Efectividad: $\frac{(86.48\% + 92.72\%) / 2}{100\%} = 0.896 * 100 = 89.60\%$ (Formula 3)

Lo que indica que se tiene un porcentaje elevado del desempeño efectivo de las personas y maquinaria involucradas dentro del proceso productivo de la línea de producción.

L. Calcular el costo actual de producción.

De manera aproximada se tomó el costo para calcular la diferencia en incremento por hora donde tenemos que la pieza cuesta \$85.0970 dólares.

La Información obtenida del departamento de marketing and sales de la plataforma CDKL de la empresa “Yorozu Automotive” se muestra enseguida

Artículo	Recargos por arti	Recargos por alm	Divisa	Precio de costo	Costo de material	Costo de operación	Costo estimad
54403	FRONT UPPER		USD	85.097	85.097		80.1829

Ilustración 24 Costo de FR UPR

A continuación, se presenta una tabla tanto de los costos como de su porcentaje anterior de producción donde se observa que de 55 piezas diseñadas anteriormente solo se tenían 43 piezas es decir un 78.18% de porcentaje de la línea.

Fuente: propia

Tabla 25 Producción anterior por hora

Producción por hora anterior				
	Piezas	precio de costo (USD)	Costo por hora	Porcentaje
Diseñado	55	\$85.097	\$4680.335	100%
Anterior	43	\$85.097	\$3659.171	78.18%
Diferencia	12	\$85.097	\$1021.164	21.82%

Fuente: propia

Después de la aplicación de las herramientas de re distribución, balanceo de líneas y estandarización de procedimiento en la documentación oficial (AMEF y plan de control) se puede observar el resultado obtenido después de las mejoras en la siguiente tabla donde se siguió manejando el mismo costo de fabricación ya que ese no cambia porque se siguen gastando los mismos recursos, es decir la energía de la máquina, los operadores, etc., lo único que cambian son los costos extraordinarios del que no se pudo obtener el dato por lo que se manejó el costo anterior;

Tabla 26 Producción mejorada por hora

Producción por hora mejorada				
	piezas	precio de costo (USD)	Costo por hora	Porcentaje
Diseñado	55	\$85.097	\$4680.335	100%
Mejorado	51	\$85.097	\$4339.947	92.73%
Diferencia	4	\$85.097	\$340.388	7.27%

Fuente: propia

Se observa que se tienen 51 piezas después de la aplicación de las mejoras es decir un 92.73% de porcentaje de la línea.

En la siguiente tabla se muestran las ganancias obtenidas de la mejora donde de las 43 piezas (\$ 3659.171 dólares) se incrementaron a 51 (\$4339.947 dólares) teniendo así un incremento de 8 piezas por hora es decir (\$680.776 dólares) diseñadas lo que indica se tiene una mayor utilidad porque se produce más.

Tabla 27 Incremento obtenido de la mejora

Incremento obtenido con la mejora				
	piezas	precio de costo (USD)	Costo por hora	Porcentaje
incremento de volumen	8	\$85.097	\$680.776	14.55%

Fuente: propia

Para mayor entendimiento y facilidad de identificación del incremento que se tiene actualmente se generó un gráfico de combinado (de barras y lineal) donde se puede apreciar del lado izquierdo de la gráfica el costo por hora en dólares y del lado derecho de la gráfica se tiene la cantidad de piezas por hora.

De color verde con representación de grafico de barras se pueden ver los costos por hora y de color naranja en grafico línea se observan la cantidad de piezas producidas por hora, es significaba la manera en la que puede visualizar el incremento.

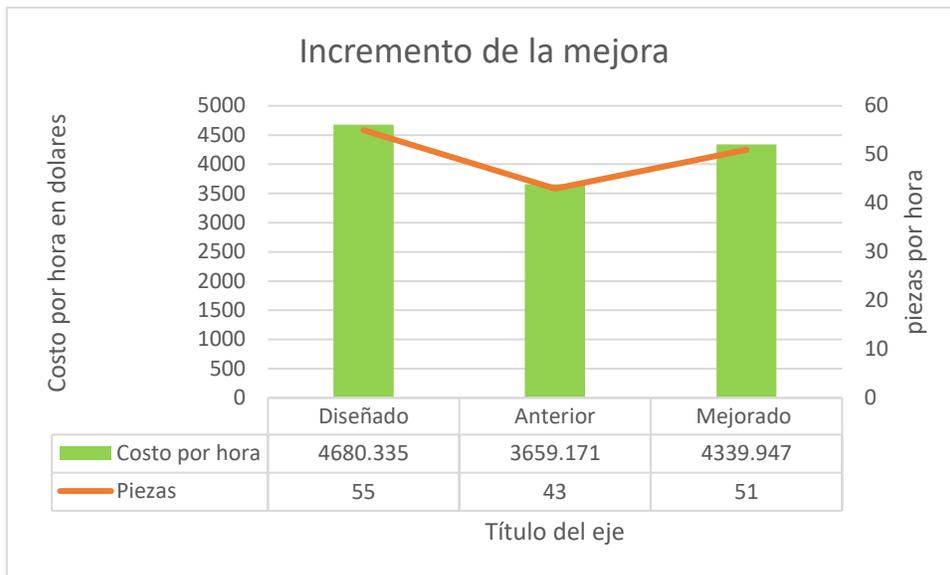


Ilustración 25 Incremento de la mejora

Fuente: propia

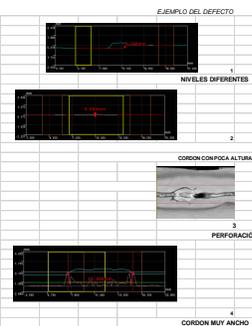
M. Evaluar la calidad del producto

Para la medición en cuanto a calidad de las condiciones de las piezas se evaluaron nuevamente las mismas 31 piezas calculadas en población y muestra, el procedimiento de medición se hace mediante el método de ultrasonidos que consiste en una técnica de ensayo no destructiva indicada para analizar uniones a tope y cordones de gran espesor. Dicha técnica detecta todos los defectos superficiales y profundos.

De los datos obtenidos en el análisis de ultrasonido se hace el llenado de la tabla “Inspección de cordones” mostrada en el apartado de resultados donde se muestra cada uno de los cordones donde se puede apreciar que, ya sea que alguna de las variables de cualquier cordón salga como N/G la pieza en automático es considerada como pieza N/G es decir material defectuoso y se va al área de *scrap*.

Tabla 28 Inspección de cordones final

YORZU		INSPECCIÓN DE CORDÓN												Modelo: L 218		Revisor: Ana Sola Sanchez Vigi			
Número de la parte: FR LPR 54403		Número de pieza: 54403												Modelo: D18-0093		Revisor: Salvador Laguna			
Número de muestra:		Número de muestra:												Modelo: D18-0093		Revisor: David Viera			
Muestra	Número de pieza	Cordón 1				Cordón 2				Cordón 3				Cordón 4				Resultado	
		Nivel	Altura	Perforación	Ancho	Nivel	Altura	Perforación	Ancho	Nivel	Altura	Perforación	Ancho	Nivel	Altura	Perforación	Ancho		
1	10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
2	10	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
3	37	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
4	53	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
5	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
6	1	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
7	6	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
8	14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
9	30	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
10	7	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
11	15	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
12	23	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
13	11	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
14	44	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
15	19	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
16	21	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
17	43	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
18	36	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
19	20	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
20	21	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	
21	14	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
22	28	OK	OK	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	NG	
23	4	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
24	17	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
25	40	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
26	27	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
27	45	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
28	54	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
29	3	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
30	50	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	
31	49	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	



Fuente. Propia

Con la presentación del análisis anterior se pudo visualizar que las mejoras en la línea no afectaron su calidad antes al contrario que de 3 piezas defectuosas que se tenían al inicio solo se tienen 2 únicamente la prueba afirma que no se afecta la calidad del producto

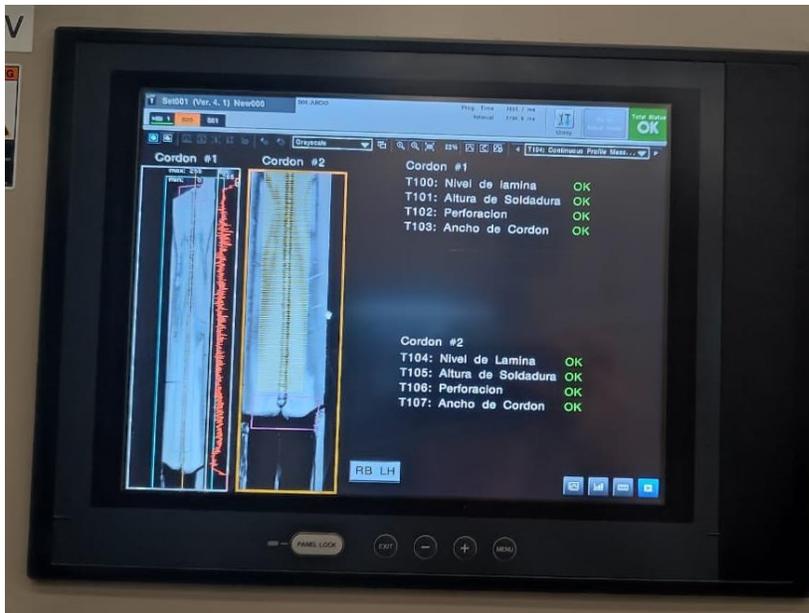


Ilustración 26 Resultado final de ultrasonido cordón 1 y 2

Fuente. Propia



Ilustración 27 Resultado final de ultrasonido cordón 3 y 4

Fuente. Propia

Se puede analizar que de los resultados obtenidos de la inspección solo se tiene 2 piezas defectuosas, 2 por perforación en uno de sus cordones. Dichas piezas equivalen al 6.45% de los defectos, es decir se encuentra dentro de los rangos de aceptación de piezas defectuosas, a continuación, se hace una representación gráfica para mayor entendimiento.

Tabla 29 Porcentaje de defectos

	Total	Okay	NG
Piezas	31	28	2
Porcentaje	100	90.32%	6.45%

Fuente: propia



Ilustración 28 Porcentaje final de piezas defectuosas

Fuente: propia

De la imagen anterior se puede mostrar que el color ambar expresado con el 93% es el equivalente al porcentaje de piezas defectuosas (N/G), sin embargo, el color amarillo claro representa el porcentaje de piezas Okay (en buen estado) de las piezas analizadas, lo que determina que no se presenta complicaciones significativas en cuestión de calidad de las piezas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se realizó un análisis de los datos obtenidos en el estudio de tiempos y se consideró el tiempo ciclo (suma de tiempo humano y máquina) de mayor ponderación dentro de las actividades y se puede observar que el tiempo que genera el cuello de botella (marcado de color rojo en el *timing chart* inicial), sobrepasó el tiempo ciclo requerido según lo diseñado, por lo que al multiplicar el cuello de botella por los 60 minutos de producción se obtuvo que con esos datos la producción por hora fue de 43 piezas lo que indica está muy por debajo de lo planeado que son 55 piezas por hora.

Al inicio del estudio la línea de producción se encontraba con un 78.18 % de eficacia estando por debajo de lo diseñado que es 90% además se calculó la eficacia tanto del tiempo operador como del tiempo máquina donde se observó que la eficacia tiempo/operador era del 93.38% lo que significa que se encuentra en un nivel deseable y por lo tanto no es un factor que está afectando a la eficacia general de la línea a diferencia de la eficacia del robot que se encontró con un 63.20%.

También se evaluó la eficiencia de la línea de producción donde se identificó que se encontraba en un 72.91%.

La generación de ayudas visuales, la actualización de plan de control y AMEF facilitaron la comprensión de flujo de proceso tanto del personal de ingeniería como del operativo ya que, el cerebro humano percibe mucho más rápido las imágenes que las palabras además que la estandarización de trabajo ayudó con la disminución de los errores en el proceso lo que provocó más eficiencia.

Con el análisis de ultrasonido de las piezas estudiadas se obtuvo que solo se tiene el 9.67% de defectos en la línea esto indica que no se está comprometiendo significativamente la calidad del producto.

Con la reprogramación del código de recorrido de robot en la operación 2 del proceso, se acortaron tiempos muertos lo que provocó que se incrementara la producción. Al producirse más piezas en una hora se siguen cumpliendo con el requerimiento de cliente, pero se disminuyeron las horas extraordinarias, lo que hace que se disminuyan de igual manera los gastos adicionales de fabricación e implícitamente se percibe como la utilidad incrementa. La empresa no facilito un costo exacto de los gastos adicionales de la línea por horas extra por lo que no se pudo calcular.

Con la implementación de la reubicación del equipo de despacho de plantillas (magazine), la reprogramación de recorrido de robot, la generación de ayudas visuales y la estandarización del plan de control y AMEF se incrementó el porcentaje de eficacia de línea de un 78.18% al 92.72% y su eficiencia paso de 72.91% al 86.48%.

En conclusión, la línea de producción se encuentra con una efectividad del 89.60% es decir que los objetivos se están llevando a cabo, pero es necesario reducir aún más la cantidad de recursos utilizados para que no genere costos extraordinarios, aun así, se incrementó el volumen de fabricación de los 43 a las 51 piezas por hora, lo que ayudo a cumplir los requisitos mensuales de cliente por lo que no hay sanción y evita tener mala reputación con el mismo.

Después de todas las mejoras implementadas se evaluó nuevamente la calidad del producto y se tuvo que no se afectó la misma a pesar de sus acortar los tiempos, antes, por el contrario, se disminuyeron los erros del 9.67% al 6.45% es decir se tiene una diferencia de 3.19%

Recomendaciones

- El capital humano de la empresa es el recurso más importante, por esto es clave que los empleados se capaciten constantemente y adquieran nuevos conocimientos que les permitan seguir desarrollando habilidades para realizar eficaz y eficientemente las tareas que les corresponden. Capacitar a los empleados ayudará a tener un buen nivel de motivación, productividad, integración y compromiso.
- Si cada uno de los colaboradores entiende que sus responsabilidades van más allá del simple cumplimiento de unas funciones específicas y que en realidad lo que importa es que los procesos en los que está involucrada la empresa se realicen se benefician todos con una mejor planeación, mayor calidad del trabajo, mejor desempeño general de la organización y cumplimiento de los objetivos estratégicos.
- Otra recomendación es que la dirección de la empresa este enfocada en la planeación estratégica, ya que ésta ayuda a definir los objetivos, metas, estrategias, políticas y procedimientos que se desarrollarán en favor de la organización. Si quiere realizar una buena gestión directiva es importante que planee con tiempo y claridad el proyecto de vida de la empresa, contemplando el contexto y todos los actores que lo conforman.
- Proporcionar más información para la especificación de las actividades de tal manera que genere que los análisis puedan ser más completos y verídicos ya que al limitar el manejo de la información diversos aspectos del proyecto quedan obsoletos por lo que no se puede generar una retroalimentación de dicho análisis.
- La comunicación es un elemento indispensable para que la empresa sea más productiva, ya que por medio de una buena gestión de la comunicación interna y externa se podrá establecer planes de acción que apoyen la consecución de sus objetivos, mejorar el clima laboral, generar una buena reputación y coordinar adecuadamente el trabajo al interior de la empresa.

COMPETENCIAS DESARROLLADAS Y/O ADQUIRIDAS

Se adquirieron y desarrollaron conocimientos para;

- Elaborar, interpretar y supervisar planos de diferentes ramas y especificaciones de piezas industriales, equipo, apoyándose en el software de dibujo asistido por computadora, esto en la actualización de Lay out de proceso.
- Planear, organizar, manejar, controlar y mejorar sistemas de procesos, abastecimiento y distribución de bienes y servicios de manera sustentable con el balanceo de línea generado.
- Capacidad de diseñar, implementar y mejorar estaciones de trabajo, considerando factores a optimizar, participando en la estandarización de operaciones y adaptación de los sistemas productivos aplicando las técnicas de estudio de tiempos y poder optimizar, mejorar un sistema productivo.
- Capacidad de analizar y determinar causas de problemas de calidad y mediante la aplicación de las herramientas estadísticas básicas del control de calidad, llevar a cabo una toma de decisiones oportuna y asertiva para lograr la mejora continua tanto en las organizaciones como en sus procesos.
- Conocer la planeación financiera, estado de resultados, el punto de equilibrio para interpretar estados financieros utilizando herramientas para tomar la mejor decisión.
- planear y diseñar instalaciones. Considerando que una parte importante el capital invertido en una empresa incluye las instalaciones, si se planifican de manera adecuada y se utilizan de manera eficiente, las instalaciones tienen un efecto positivo en los costos y las capacidades de operación.

Bibliografía

- Significados.com. (7 de Agosto de 2015). *Layout*. Obtenido de <https://www.significados.com/layout/#targetText=La%20palabra%20Layout%20sirve%20para,disposi%C3%B3n%2C%20plan%20o%20dise%C3%B1o%22>.
- Adrián M. Andrade, C. A. (2017). Estudio de Tiempos y Movimientos para Incrementar la Eficiencia en una Empresa de Producción de Calzado. *Informacion tecnologica*, 83-94. Obtenido de Informacion tecnologica .
- Alencar, A. A. (2007). *Manual de oratoria*. Santiago de Chile : Electronica Gratuita .
- André Gianfranco Alfaro Pacheco, R. K. (2020). Estudio de tiempos como base para trazar estrategias orientadas al incremento de la eficiencia del proceso de batido de una planta de producción de helados. *Revistas de investigación UNMSM*, 50-62.
- Bancompara. (01 de 11 de 2021). *La utilidad de saber que es la "utilidad bruta"*. Obtenido de <https://www.bancompara.mx/blog/2021/11/01/la-utilidad-de-saber-que-es-la-utilidad-bruta/>
- BF México. (31 de Julio de 2020). *Pruebas destructivas para soldadura*. Obtenido de <https://bfmx.com/soldadura/5-tipos-mas-comunes-de-pruebas-destructivas-para-soldadura/>
- Bravo, L. D. (13 de Mayo de 2014). *redalyc*. Obtenido de <http://www.redalyc.org/pdf/3497/349733228009.pdf>
- Buffa, S. (2007). *MODERN PRODUCTION / OPERATIONS MANAGEMENT*. Wiley India Pvt: Limited.

- Cañas, C. A. (2022). Indicadores de efectividad y eficacia. *Planning consultores especializados* , 1-4. Obtenido de www.planning.com.co
- Cid, I. (2011). *Diversidad cultural, economía y política en un mundo global*. CDMX: UNAM.
- Concepto Definicion. (25 de Julio de 2019). *Definición de Costos de Producción*. Obtenido de <https://conceptodefinicion.de/costos-de-produccion/>
- Correa, R. B. (2016). *Monitoreo y análisis estadístico de procesos con aplicaciones* . Barranquilla : Ediciones de la U.
- Cortes, J. (2014). *Tamaño muestral*. Barcelona: Equator.
- Cubero, A. T. (2002). *Balanceo de líneas de producción*. Nuevo Leon: Fime.
- Díaz, A. (11 de Febrero de 2022). *Pruebas destructivas para la verificación de soldadura de geomembrana*. Obtenido de <https://blog.ldm.la/es/pruebas-destructivas-para-verificacion-soldadura-de-geomembrana>
- Díaz, A. A. (2017). El costo-beneficio como herramienta de decisión en la inversión en actividades científicas. *Cofin Habana*, 1-4.
- Edgardo Escalante, E. J. (2016). *Análisis y mejoramiento de la calidad*. España: Limusa.
- Escamilla, M. A. (2016). Aplicacion basica de los metodos cientificos. *Sistema de universidad virtual* , 1-23.
- Escamilla, M. D. (2010). Los enfoques en la investigación científica. págs. 9-12.
- Escuela Atelier. (17 de Abril de 2017). *Cúales son los tipos de soldadura*. Obtenido de <https://escuelaatelier.com/tipos-de-soldadura-caracteristicas/>

- Fernandez, A. (2004). *Diccionario de Términos Económicos, Agroeconómicos y Contable*. Santiago de Chile .
- Ford, L. (1990). *Ayudas visuales como realizarlas* . Inglaterra: Casa Bautista de Publicaciones.
- García, D. D. (2014). *Distribución en planta* . Oviedo : Marcombo.
- García, I. (14 de Noviembre de 2017). *Economía simple.net*. Obtenido de <https://www.economiasimple.net/glosario/efectividad>
- Gerardo Reyes Guzmán, A. S. (2019). Análisis Costo-Beneficio para el nuevo cereso en San Pedro Cholula. *Nova Scientia*, 20-24.
- González, M. M. (2015). *Contabilidad y análisis de costos*. México: Patria.
- Granados, L. H. (2018). *Tipos de gráficas utilizadas en estadística* . Obtenido de https://www.uaeh.edu.mx/docencia/P_Presentaciones/prepa_ixtlahuaco/2018/Estadistica.pdf
- Guilló, J. J. (2015). *Calidad total fuente de ventaja competitiva*. Murcia: Publicaciones Universidad de Alicante.
- H., C. (1992). *Manual de soldadura moderna*. México, DF: Prentice-Hall.
- Heizer, J. (2016). *Principios de administración de operaciones*. México: Pearson.
- Henrik Kniberg, M. S. (2010). *Kanban y Scrum*. Toronto: C4Media.
- IMF. (22 de Noviembre de 2021). *Cuáles son las mejores métricas de eficiencia y eficacia*. Obtenido de <https://blogs.imf-formacion.com/blog/corporativo/gestion-empresarial/mejores-metricas-eficiencia->

Martínez, M. (16 de Marzo de 2017). *UNCOMO* . Obtenido de <https://tecnologia.uncomo.com/articulo/como-crear-un-grafico-circular-1456.html>

Mendoza, S. (13 de Marzo de 2016). *Investigacion mixta*. Obtenido de <http://investigacionmixtablog.blogspot.com/#:~:targetText=Podemos%20definir%20el%20enfoque%20mixto,estudio%20o%20proyecto%20de%20investigaci%C3%B3n>.

Mendoza, S. G. (2009). *Guía para la presentación de gráficos estadísticos*. Lima : OTA.

Microsoft office. (13 de Julio de 2019). *Microsoft*. Obtenido de <https://products.office.com/es-mx/visio/flowchart-software>

Mokate, K. (2002). *Eficacia, eficiencia, equidad y sostenibilidad*. Bogota: INDES.

MONTALBAN-LOYOLA, E. A.-B.-R.-I. (2019). Herramienta de mejora AMEF (Análisis del Modo y Efecto de la Falla Potencial) como documento vivo en un área operativa. Experiencia de aplicación en empresa proveedora para Industria Automotriz . *Revista de aplicacion de la ingeniería*, 230-240.

Montalvan-Loyola, E. A.-B.-R. (2015). Herramienta de mejora AMEF. *Revista de Aplicaciones de la Ingenieria*, 230-240.

Nelson Arsenio Castro Perdomo, O. N. (2018). SISTEMA PARA EL CÁLCULO DE LA EFECTIVIDAD Y LA EFICIENCIA DEL PROCESO DE INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN DE LA CIENCIA, LA INNOVACIÓN TECNOLÓGICA Y EL MEDIO AMBIENTE A ESCALA TERRITORIAL. *Ciencia y Sociedad*, 386-406.

Noris Leonor Tejada Díaz, V. G. (11 de Marzo de 2017). Metodología de estudio de tiempos y movimientos. *Investigacion y pensamiento crítico*, 39-49.

- Orejuela Cabrera Juan Pablo, F. G. (2019). Balanceo de líneas de producción en la industria farmacéutica mediante Programación por metas. *Dialnet*, 109-122.
- Orozco, G. (1997). Medios, audiencias y mediciones . *Comunicar*, 28.
- Peralta, J. L. (2008). *Notas de distrivución de planta* . Azcapotzalco: Seccion de producción y distribución editoriales.
- Prado, J. R. (1992). *La planeación y el control de la producción* . Azcapotzalco: Invierno de 1992.
- PSYMA. (04 de Noviembre de 2015). *Passionate People Creative Solution*. Obtenido de <https://www.psyma.com/company/news/message/como-determinar-el-tamano-de-una-muestra>
- Riquelme, M. (31 de Octubre de 2015). *Web y empresas*. Obtenido de <https://www.webyempresas.com/tipos-de-investigacion/>
- Roberto Carro Paz, D. G. (2012). *Administracion de la calidad total*. Buenos Aires: Ed Macchi.
- Roberto Carro Paz, D. G. (2014). *Investigación de operaciones en la administración*. Mar de plata: Universo Nacional de mar de plata.
- Roberto Herrera Acosta, K. H. (2018). Aplicación del control estadístico multivariado para medir la capacidad del proceso de fabricación de resortes de compresión en acero inoxidable. *Prospectiva* , 49-58.
- Rodríguez, R. J. (2006). *Teoría básica del muestreo*. Buenos Aires : Propiedad intelectual.
- Rus, G. d. (2008). *Análisis Coste-Beneficio*. Barcelona: Ariel.

Spiegel, M. R. (2010). *Probabilidad y estadística* . España: McGraw Hill.

Velázquez, A. P. (2017). *Análisis de información geoespacial*. CDMX: Centro de Investigación en Geografía y Geomática.

Vilar, J. F. (2015). *Control estadístico de los procesos* . España : FC.

West, A. (1991). *Gestión de la distribución comercial*. Madrid : Dias de santos.

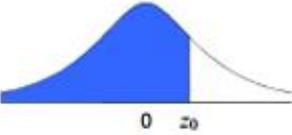
ANEXOS

Anexo 1. Tabla de distribución normal estándar

$\mu =$ Media

$\sigma =$ Desviación típica

Tipificación: $z_0 = \frac{x - \mu}{\sigma}$

$$P(z \leq z_0) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{z_0} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$$


z_0	0,00	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	z_0
0,0	0,5000	0,5040	0,5080	0,5120	0,5160	0,5199	0,5239	0,5279	0,5319	0,5359	0,0
0,1	0,5398	0,5438	0,5478	0,5517	0,5557	0,5596	0,5636	0,5675	0,5714	0,5753	0,1
0,2	0,5793	0,5832	0,5871	0,5910	0,5948	0,5987	0,6026	0,6064	0,6103	0,6141	0,2
0,3	0,6179	0,6217	0,6255	0,6293	0,6331	0,6368	0,6406	0,6443	0,6480	0,6517	0,3
0,4	0,6554	0,6591	0,6628	0,6664	0,6700	0,6736	0,6772	0,6808	0,6844	0,6879	0,4
0,5	0,6915	0,6950	0,6985	0,7019	0,7054	0,7088	0,7123	0,7157	0,7190	0,7224	0,5
0,6	0,7257	0,7291	0,7324	0,7357	0,7389	0,7422	0,7454	0,7486	0,7517	0,7549	0,6
0,7	0,7580	0,7611	0,7642	0,7673	0,7704	0,7734	0,7764	0,7794	0,7823	0,7852	0,7
0,8	0,7881	0,7910	0,7939	0,7967	0,7995	0,8023	0,8051	0,8078	0,8106	0,8133	0,8
0,9	0,8159	0,8186	0,8212	0,8238	0,8264	0,8289	0,8315	0,8340	0,8365	0,8389	0,9
1,0	0,8413	0,8438	0,8461	0,8485	0,8508	0,8531	0,8554	0,8577	0,8599	0,8621	1,0
1,1	0,8643	0,8665	0,8686	0,8708	0,8729	0,8749	0,8770	0,8790	0,8810	0,8830	1,1
1,2	0,8849	0,8869	0,8888	0,8907	0,8925	0,8944	0,8962	0,8980	0,8997	0,9015	1,2
1,3	0,9032	0,9049	0,9066	0,9082	0,9099	0,9115	0,9131	0,9147	0,9162	0,9177	1,3
1,4	0,9192	0,9207	0,9222	0,9236	0,9251	0,9265	0,9279	0,9292	0,9306	0,9319	1,4
1,5	0,9332	0,9345	0,9357	0,9370	0,9382	0,9394	0,9406	0,9418	0,9429	0,9441	1,5
1,6	0,9452	0,9463	0,9474	0,9484	0,9495	0,9505	0,9515	0,9525	0,9535	0,9545	1,6
1,7	0,9554	0,9564	0,9573	0,9582	0,9591	0,9599	0,9608	0,9616	0,9625	0,9633	1,7
1,8	0,9641	0,9649	0,9656	0,9664	0,9671	0,9678	0,9686	0,9693	0,9699	0,9706	1,8
1,9	0,9713	0,9719	0,9726	0,9732	0,9738	0,9744	0,9750	0,9756	0,9761	0,9767	1,9
2,0	0,9772	0,9778	0,9783	0,9788	0,9793	0,9798	0,9803	0,9808	0,9812	0,9817	2,0
2,1	0,9821	0,9826	0,9830	0,9834	0,9838	0,9842	0,9846	0,9850	0,9854	0,9857	2,1
2,2	0,9861	0,9864	0,9868	0,9871	0,9875	0,9878	0,9881	0,9884	0,9887	0,9890	2,2
2,3	0,9893	0,9896	0,9898	0,9901	0,9904	0,9906	0,9909	0,9911	0,9913	0,9916	2,3
2,4	0,9918	0,9920	0,9922	0,9925	0,9927	0,9929	0,9931	0,9932	0,9934	0,9936	2,4
2,5	0,9938	0,9940	0,9941	0,9943	0,9945	0,9946	0,9948	0,9949	0,9951	0,9952	2,5
2,6	0,9953	0,9955	0,9956	0,9957	0,9959	0,9960	0,9961	0,9962	0,9963	0,9964	2,6
2,7	0,9965	0,9966	0,9967	0,9968	0,9969	0,9970	0,9971	0,9972	0,9973	0,9974	2,7
2,8	0,9974	0,9975	0,9976	0,9977	0,9977	0,9978	0,9979	0,9979	0,9980	0,9981	2,8
2,9	0,9981	0,9982	0,9982	0,9983	0,9984	0,9984	0,9985	0,9985	0,9986	0,9986	2,9
3,0	0,9986	0,9986	0,9987	0,9987	0,9988	0,9988	0,9989	0,9989	0,9989	0,9990	3,0
3,1	0,9990	0,9990	0,9991	0,9991	0,9991	0,9991	0,9992	0,9992	0,9992	0,9992	3,1
3,2	0,9993	0,9993	0,9993	0,9993	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9994	0,9995	3,2
3,3	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9995	0,9996	0,9996	0,9996	0,9996	3,3
3,4	0,9996	0,9996	0,9996	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	3,4
3,5	0,9997	0,9997	0,9997	0,9997	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	3,5
3,6	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	0,9998	3,6
3,7	0,9998	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	3,7
3,8	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	3,8
3,9	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	0,9999	3,9

$1-\alpha$	90%	92%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
α	10%	8%	6%	5%	4%	3%	2%	1%
$z_{1-\alpha/2}$	1,645	1,751	1,881	1,960	2,054	2,170	2,326	2,576
z_{α}	1,282	1,405	1,555	1,645	1,751	1,881	2,054	2,326

Siendo:
 $1-\alpha =$ Nivel de confianza
 $\alpha =$ Nivel de significación

Fuente: [chrome-extension://efaidnbmnnnibpajpcglclefindmkaj/http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/981/6670_TECNICASCUATITATIVASITablas.pdf](http://www.paginaspersonales.unam.mx/app/webroot/files/981/6670_TECNICASCUATITATIVASITablas.pdf)

Anexo 2. Timing chart de diseño

YAG M	Production volume/Month	Unit=minute		Unit=day	Over time	General efficiency	Unit=man*min ute	Unit=man*minute/m onth
		1st.	3rd .	Working day/month	hour/m onth		Working time/month	CYCLE time
	20,333	530	450	20.50	0	90.0%	20,090	0.99
Required Cycle Time 0.99								
Proc ess numb er	Process name	DESIGN TIME						
		M/C	ROB OT	CYCLE				
1	ARRANGE BLANK	0.754	0.210	0.9640				
2	A/W TWB	0.030	0.424	0.4540				
3	WELD CHECK	0.440	0.430	0.870				
4	MARKING/PALL ETIZE		0.150	0.150				
							PPH	
							55	
								REQUERIMI ENTO PIEZAS / DIA
								992

Fuente: propia

Anexo 3. Listado de ayudas visuales generadas

No de ayuda visual	Nombre	Descripción
AV611YAGML21B.001	Pernos operación 1	En dicha ayuda visual se puede observar cómo se deben colocar los pernos en la operación número 1, se identifica con un círculo de color azul la ubicación de cada perno para que no se muevan las plantillas cuando las tome el robot.
AV611YAGML21B.002	Identificación de plantillas	Se muestra el nombre que recibe cada una de las plantillas que se utilizarán en el proceso y la forma que tienen.
AV611YAGML21B.003	Distribución de blanking de magazine	Se plasma la imagen de la operación #1 donde se colocan los blanking (piezas estampadas) en la posición correcta para que el robot rotador (gira 360 grados) las seleccione unidas y las cambie de proceso.
AV611YAGML21B.004	Abastecimiento de micro alambre	Antes de iniciar el proceso se tiene que confirmar la correcta posición de micro alambre en la boquilla del robot soldador y del tambo de soldadura en la estación de trabajo.
AV611YAGML21B.005	Llave de seguridad	Antes de comenzar el proceso de soldadura es importante identificar que la llave de seguridad (identificada en un círculo azul) se encuentra colocada en la puerta de la línea, sino esta no dará arranque.
AV611YAGML21B.006	Escaneo a 0	Se verifica que antes de cada recorrido de pieza, la pantalla muestre que el

		sistema de ultrasonido se encuentra en su estado inicial es decir 0.
AV611YAGML21B.007	Identificación de cordones	Se revisa que dentro de la pieza se hayan realizado los cordones completos en la unión de las plantillas, en caso de que no, se detiene la línea de producción.
AV611YAGML21B.008	Marcaje de piezas N/G	Al finalizar la operación 3 si las piezas salen N/G después de la prueba de ultrasonido se marca la pieza con marcador indeleble (rojo) con una leyenda que diga "N/G" y se coloca en rack del mismo nombre.

Fuente: propia