

---

# UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO HENRÍQUEZ UREÑA

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA

ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



“Propuesta de mejora en productividad de celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019”

**Trabajo de grado presentado por:**

Laura Beltre 15-1728

Rosangel Rodríguez 15-1876

**Para la obtención del grado:**

Ingeniería Industrial

Santo Domingo, D. N.

2019

## Indice

Dedicatoria .....	2
Agradecimientos .....	4
PRIMERA PARTE.....	6
GENERALIDADES.....	6
CAPÍTULO I.....	7
INTRODUCCIÓN .....	7
1.2 Consideraciones .....	9
1.3 Propósito .....	10
1.4 Justificación del Proyecto .....	10
1.5 Objetivo General .....	12
1.6 Objetivos específicos .....	12
1.7 Formulación del problema .....	13
1.8 Planteamiento del problema.....	14
1.9 Delimitación del tema .....	16
1.10 Alcance del proyecto .....	16
CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL.....	17
Antecedentes del problema .....	17
2.1 Descripción general de la empresa.....	18
2.1.1 Sus productos.....	18
2.1.2 Misión de la empresa.....	19
2.1.3 Visión de la empresa .....	19
2.1.4 Valores de la empresa.....	19
2.1.5 Localización .....	20
2.2 Descripción del proceso de ensamble .....	20
CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO .....	21
3.1 Introducción .....	21
3.2 Productividad .....	21
3.3 Base Teórica.....	22
CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO .....	28
4.1 Introducción .....	28
4.2 Tipo de Investigación.....	28
4.3 DMAIC .....	28
4.4 Métodos de investigación.....	30
4.4.1 Método cuantitativo.....	30
4.4.2 Método Inductivo .....	30
4.4.3 Métodos de recolección de datos.....	31
4.4.4 Métodos de análisis de datos .....	31

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019	
SEGUNDA PARTE .....	33
DESARROLLO DEL PROYECTO .....	33
CAPÍTULO V. SITUACIÓN ACTUAL .....	34
5.1 Introducción .....	34
5.2 Estudio de tiempos .....	36
5.3 Diagrama de operaciones QC.....	39
5.4 Diagrama de operaciones QL.....	40
5.5 Cálculo de la demanda .....	41
5.6 Cálculo del WIP .....	43
5.7 Mapa de la Cadena de Valor Actual .....	45
5.8 Cálculo de la eficiencia .....	47
5.9 Operaciones cuello de botella .....	51
5.10 Desperdicios .....	52
CAPITULO VI PROPUESTA .....	61
6.1 Introducción .....	61
6.2 Propuesta de balanceo .....	61
6.2.1 Propuesta de nueva máquina 1era Rivet.....	61
6.2.2 Funcionamiento óptimo de 2da Rivet.....	63
6.2.3 Propuesta de máquina de sellado .....	65
6.2.4 Propuesta de redistribución de tareas .....	66
6.2.5 Eliminación de almacenes temporales.....	69
6.3 Disminución de Scrap o Desperdicios .....	71
6.3.1 Reducción de averías .....	72
6.3.2 Disminución de los tiempos de ocio.....	74
6.3.3 Disminución de change overs.....	75
6.3.4 Reducción de WIP por estación.....	77
6.4 Mapa de Cadena de Valor propuesta .....	78
6.5 Recalculo Eficiencia .....	80
CAPITULO VII. ANALISIS ECONOMICO .....	81
7.1 Estudio económico .....	81
7.2 Rentabilidad del Proyecto .....	87
Conclusión .....	88
Recomendaciones .....	90
Referencias .....	91
Índice de figuras .....	93
Índice de Tablas.....	94
Anexos.....	95
Hoja de evaluación .....	102

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

**“Propuesta de mejora en productividad de celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019”**

## **Dedicatoria**

### **Laura Beltre Pérez**

En primer lugar, dedico este trabajo a aquellas dos grandes personas que estuvieron conmigo desde el inicio de este viaje, aquellas dos personas que me brindaron tanto apoyo económico y moral, como sentimental, mis padres. Sin su apoyo no hubiese sido posible este enorme logro.

A mi padre Héctor Beltre, ser humano ejemplar, atento y dedicado a sus hijos, por siempre preocuparse por mis ocupaciones, herramientas de uso y responsabilidades, siempre esperando lo mejor de mí; a mi madre Disla Pérez por siempre estar presta a escuchar y ayudar en cada una de las circunstancias presentadas a lo largo de este trayecto.

Lo dedico también a mis hermanos Héctor Wilbert, Clara Wilsa y Anny Denisse, por siempre creer en mí, en mis habilidades y capacidades para lograr culminar mis estudios. Gracias.

Dedico este logro a mis increíbles sobrinas, Ashley Beatriz, Zoe Abigail y Milah sofía, quienes me han enseñado aún a sus cortas edades a sonreír y seguir siempre adelante, y en especial al más grande e incondicional amor de mi vida, Lía Montserrat Beltre Guzmán, mi amada sobrina, Montse eres y serás siempre mi mayor orgullo.

**Rosangel Rodríguez Bautista**

Dedico este gran logro a todas aquellas personas que formaron parte de este recorrido que fue la vida universitaria. Compañeros, profesores y, por supuesto, mi familia. Puedo asegurar que en cada uno de los períodos académicos alguien me impulsó a avanzar en este trayecto.

A mis amigos, Joel Andújar y Laura Beltré, quien es también mi compañera de tesis. Me siento muy orgullosa de quienes son hoy y la manera en la que hemos trabajado juntos desde inicios de la carrera. Les aprecio en gran manera.

A mi familia, quienes me han apoyado desde que tengo uso de razón. Mi padre Pedro A. Rodríguez, quien siempre ha estado dispuesto a colaborar con mis asignaciones y mi madre Angela Bautista quien ha esperado este momento incluso más que yo, ambas personas trabajadoras, responsables y honestas, esto se lo han ganado. A mi hermana Ileana Rodríguez, la primera, mas no la única, Ingeniera en la familia... Los amo a todos.

Por último, a quien pueda interesar y servir de inspiración para llegar al final de la carrera. No hay prisas en llegar el objetivo, simplemente no te detengas.

## **Agradecimientos**

Agradezco enormemente a mis padres que no solo me han dado la vida, sino también me han proporcionado su apoyo, amor y me han inculcado aquellos valores de respeto, justicia, honestidad e integridad que me han guiado y me han permitido lograr ser hoy en día Ingeniera Industrial.

Agradezco a mi padre por siempre guiarme a hacer lo correcto y a mi madre, la luz de mis ojos, por siempre impulsarme a que siga hacia adelante. Los amo con toda mi alma.

A mi hermano Héctor Wilbert que siempre ha estado para mí, siempre presto a servir para que pueda lograr todas y cada una de las metas que me he propuesto en la vida, gracias por siempre guiarme por el camino de la sabiduría.

Agradezco a mi compañera de tesis Rosangel Rodríguez, por su dedicación y empeño para lograr finalizar nuestros estudios, gracias Ros por la paciencia y por el amor y la atención puesta en este proyecto. Gracias por brindarme tu amistad y compañerismo en estos cuatro años de estudio.

Agradezco al Ingeniero Luis José Castro, nuestro asesor, por brindarnos sus amplios conocimientos en el área, y guiarnos durante todo el transcurso de este proyecto y de mis estudios.

A mi querido y excelentísimo profesor Eliseo Cabrera por inculcarme buenos valores y conocimientos matemáticos y analíticos, sin dudas el mejor profesor de todos.

**Laura Beltre**

Debo empezar este agradecimiento con las personas más importantes de mi vida, mi familia. Gracias por todo el apoyo, amor y comprensión que me han brindado. Por ayudarme a conseguir todo lo necesario para realizar mis proyectos, por desvelarse conmigo mientras estudiaba, por trasladarme a donde necesitaba y siempre estar dispuestos a ayudarme y verme crecer.

A mis todos mis colegas de la carrera de Ingeniería Industrial, gracias por hacer de este recorrido uno más llevadero. A ti, Laura Beltré, que además de hacerme disfrutar de muchos momentos, fuiste quien nos mantuvo enfocadas en este objetivo. Esto es gracias a ti.

Agradezco a cada uno de mis maestros, con nada que lamentar, pues todos aportaron a mis conocimientos de una manera u otra. Teodoro Burgos, Jorge Encarnación, Jhonathan Matos... Muchas gracias por aplicar sus distintos métodos de enseñanza.

A nuestro asesor de tesis, Luis José Castro. Aunque no fue mi maestro, durante esta etapa aprendí lo suficiente de usted. Agradezco mucho su sinceridad, experiencia y criterio mientras nos guiaba a desarrollar este proyecto.

A todo aquel que estuvo y sigue estando: apoyándome, corrigiéndome y deseándome lo mejor aun cuando no di lo mejor de mí. A ti te lo agradezco muy profundamente.

**Rosangel Rodríguez Bautista**

## **PRIMERA PARTE**

### **GENERALIDADES**

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

La presente investigación tiene como objetivo el incremento de la productividad y a su vez la eficiencia de la celda por medio de un balanceo efectivo de la misma y una correcta distribución de tareas en la celda ensamble de breakers de la empresa bajo investigación. La celda de ensamble es una celda flexible en forma de “U” que tiene capacidad de producir breakers de 2 familias: QC y QL.

Nuestra propuesta plantea la oportunidad de un aumento significativo de la eficiencia, la cual actualmente es de 52.65% para QL y 64.60% para QC, esto representa un costo de oportunidad de más de \$US 45,000 en pérdidas diarias para la empresa. Para lograr nuestro objetivo nos enfocaremos en aquellas operaciones que necesiten mejoras sustanciales, como es el caso de la operación de la segunda rivet, pues es un proceso muy manual que puede ser más automatizado; primera rivet, que es una operación de larga duración y que a su vez posee una máquina obsoleta; la operación de sellado, en esta proponemos realizar una semi-automatización de la operación, ya que la misma opera de manera manual lo que provoca pérdida de tiempo, y desperdicios.

El mayor inconveniente de la celda es el desbalance de la misma, lo que trae como consecuencia generación de tiempos de ocio, demoras, acumulación de trabajo y almacenes temporales que son ubicados en la celda cuando existe una diferencia en el ritmo de trabajo de cada operador.

Las causas posibles del problema vienen luego de volver la celda flexible, para correr el estilo QC y QL; esto fue realizado debido a que la producción diaria de QC superaba la demanda promedio diaria, sin embargo, no se tomaron los parámetros correctos, ni se realizaron

todas las modificaciones pertinentes para hacerlo. Lo que provoca una caída significativa de la eficiencia de la celda. Ya que esta flexibilidad ha causado disminución de tiempo productivo, debido a las cantidades de change overs realizados y generación de tiempos de ocio entre operaciones.

Es por esta razón que planteamos en nuestra propuesta la asignación de periodos de realización de change overs, por medio de la evaluación y obtención de la demanda de los estilos más solicitados de QC y QL. También se busca la correcta distribución de tareas que permita la disminución de los tiempos de ocio y a su vez el aumento del tiempo productivo.

Otra de las problemáticas de la celda es la generación de scrap por roturas, que actualmente representan un 14.39% de las unidades producidas debido a que, al momento de cambio de un estilo a otro, deben realizarse los ajustes de lugar a las máquinas involucradas, como es el caso de la máquina primera rivet, es por ello que dentro de nuestra propuesta planteamos la introducción de una nueva máquina, la cual reducirá considerablemente las roturas de los breakers y a su vez una reducción significativa en el tiempo de esta operación, lo que contribuirá de igual manera al balanceo de la celda.

Al momento de analizar los factores que pueden afectar la rentabilidad de una empresa, la productividad es un punto primordial. Esta implica la capacidad de aprovechar los recursos disponibles al máximo y así minimizar los desperdicios.

Esta es la razón principal por la que hemos decidido iniciar esta investigación para determinar en qué proporción se está desperdiciando el tiempo, y cada uno de los recursos que juegan un papel fundamental dentro de la producción de ensamble de breakers y poder aplicar mejoras sustanciales que permitan el incremento de la productividad.

## **1.2 Consideraciones**

- En el mes de noviembre, 2018, la celda se hizo flexible, pudiendo ensamblar breakers de la familia QL y QC. Para la familia QC se requiere el uso de 1 máquina y 2 operadores extra. La modificación realizada suponía que la celda pudiera tener la misma capacidad de ensamble que la celda de QL, pero no sucedió. (QL tiene capacidad de 4,500 polos, QC de 2,176 polos).
- La celda consta de 7 máquinas eléctricas (FTB, 1ra Rivet, EDC, 2da Rivet, Dieléctrica y 2 taladros fijos) y 2 máquinas mecánicas para desmantelar los breakers no conformes.
- El personal de la celda está certificado para trabajar en más de una operación. La celda cuenta actualmente con 20 operadores de los cuales se emplean 1 o 2 para dar soporte a la celda QL.
- El load diario de la celda para las familias de QC son 2,000 polos mientras que para QL son 4,000 polos. La planificación se hace con 1 o 2 días de antelación, por lo que no hay estabilidad en qué estilo correr.
- La celda pertenece al área de bajo volumen por lo que deben hacerse muchos cambios de estilos en turno.

### **1.3 Propósito**

La siguiente investigación busca determinar las causas por las cuales la productividad de la celda de ensamble de breakers QC ha sido afectada en el año 2019, para posteriormente buscar soluciones factibles que ataquen la raíz del problema y que esto como consecuencia incremente la eficiencia de la celda y se optimicen los recursos de tiempo, costo y mano de obra.

### **1.4 Justificación del Proyecto**

Luego de visualizar la caída significativa de la celda de ensamble de breaker categoría QC, se identificó la necesidad de evaluar el proceso de producción de los mismos, con la finalidad de identificar los factores que inciden en la disminución significativa de la productividad de la celda, así como también la cantidad desperdicios de la misma.

Esta propuesta de mejora busca obtener un impacto positivo tanto en la celda de producción de breakers QC como en la empresa de ensambles de breakers, por medio de la aplicación de soluciones de ingeniería para mejorar el proceso de manufactura de dicho producto. Lo antes mencionado permitiría obtener mejores resultados al momento de terminar los lotes de este producto.

¿Qué vamos a reducir u optimizar con la eliminación de los problemas?

Podremos reducir el **tiempo de espera** entre una estación y otra, para así evitar desbalances que produzcan cúmulos o por el contrario ocio a ciertos operadores. El tiempo necesario para la elaboración de un breaker disminuirá y, por lo tanto, el output será mayor (buscamos aumentar nuestra capacidad instalada).

Además de tiempo, esperamos reducir considerablemente los **desperdicios** materiales producidos en la celda, ya sea por roturas causadas en máquinas, MRN o piezas no conforme.

Por último, eliminar ciertos **almacenes temporales** ubicados en la celda que son empleados para soportar los cúmulos cuando hay paradas, situaciones de calidad o diferencia en el ritmo de trabajo de cada operador. Con todo esto, también buscamos disminuir el trabajo de rework, a donde son enviadas todas las piezas defectuosas y son colocadas en los alrededores de la celda, obstaculizando los pasillos.

Con las soluciones que se propondrán se persigue aumentar las cantidades manufacturadas de calidad, y a su vez incremento de la productividad de la celda de ensamble QC, el cual es nuestro objetivo general; además de conseguir mejor aprovechamiento de los recursos.

### **1.5 Objetivo General**

Desarrollar una propuesta de mejora de la productividad en la celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, por medio de la disminución de los tiempos de ocio y optimización de recursos.

### **1.6 Objetivos específicos**

1. Determinar las causas potenciales del decremento en la productividad de la celda de ensamble QC.
2. Disminuir los tiempos de ocio entre operaciones de ensamble en un 50%.
3. Incrementar la productividad de la celda de ensamble en un 35% para los estilos QC y QL.
4. Obtener un mejor aprovechamiento de los recursos humanos por medio de una correcta distribución de las tareas.

### **1.7 Formulación del problema**

¿Cuáles son los factores o causas responsables de la disminución significativa de la productividad de la celda de ensamble QC en la empresa de ensamble de breakers?

¿Qué consecuencias tendría para la empresa de ensamble de breakers si persistiera esta problemática?

¿Qué propuestas pueden formularse para aumentar la productividad de la celda de ensamble de breakers QC de la empresa?

¿Cuáles resultados se obtendrían a partir de esta propuesta para el incremento de la productividad de la celda de ensamble QC?

## **1.8 Planteamiento del problema**

En los últimos meses la empresa del sector eléctrico está observando disminución en la productividad de la celda de ensamble de los breakers QC, al momento de calcular la eficiencia de la celda.

### **¿Cuál es la eficiencia de la celda actualmente?**

Después de haberse realizado un estudio de tiempos de cada operación realizada los datos arrojaron que la celda de producción ha estado trabajando bajo una eficiencia de un 52.65% para QL y 64.60% para QC, lo que indica que la celda de ensamble tiene una productividad muy baja, ya sea por distintas causas.

### **¿Qué provoca que la celda trabaje con este nivel de eficiencia?**

Se ha podido visualizar que la causa mayor de la disminución de la productividad viene dada por los change overs y set ups realizados a la celda sin previa planificación, ya que esta celda anteriormente solo trabaja con un solo tipo de breaker (QC); en busca de una mejora se ha agregado el tipo de breaker QL, que cuenta con características y materias primas distintas a las de QL. Además, la celda QC no está balanceada lo que hace que se acumulen cantidades significantes de Work-In-Process, generando así tiempos de ocio entre las demás operaciones.

El departamento de ingeniería ha estado evaluando cada uno los procesos y operaciones realizadas en la celda, pero su implementación de volver flexible la celda ha contribuido con la disminución de la eficiencia en gran porcentaje.

Es por esto, y por ciertos aspectos más que hemos decidido investigar cuales pueden ser las potenciales mejoras de esta causa raíz, así como también cuales son las demás razones por las cuales esta celda de ensamble cuenta con un nivel de productividad tan bajo, determinar

cuáles han sido los parámetros y evaluaciones tomadas que los llevó volver la celda flexible; para así buscar mejoras potenciales todo con el fin de aumentar la productividad y sacar el mejor provecho de los demás recursos (tiempo, mano de obra y materia prima).

## **1.9 Delimitación del tema**

Esta investigación consiste en el desarrollo de una propuesta para incrementar la productividad de la celda de ensamble de breakers QC y QL en una industria del sector eléctrico, ubicada en el parque industrial de Haina; donde fue identificada la problemática y se tratará con las posibles soluciones que se irán desarrollando a lo largo de la propuesta.

### **1.10 Alcance del proyecto**

En el año 2018 se puso en marcha la puesta flexible de la celda de ensamble QC, corriendo así los dos tipos de breakers siguientes: QC y QL, lo que trajo como consecuencia una disminución significativa de la productividad de la celda, por ende, hemos decidido iniciar la investigación a partir del 2019 para hallar los mayores detractores de esta celda. Una vez identificados, proponer soluciones factibles a los problemas que afecten de manera significativa la productividad.

La investigación será llevada a cabo en el período abril-noviembre del año 2019, teniendo enfoque sólo en la formulación, análisis, diseño y evaluación de las ideas propuestas para la celda QC y sus procesos de manufactura. En cuanto a los recursos económicos, materiales y humanos, todos serán definidos en el desarrollo del proyecto. No se contemplarán aspectos tales como planificación y presupuesto de mantenimiento, horas extras, sistemas de inventario y manejo de materiales.

## **CAPÍTULO II. MARCO CONCEPTUAL**

### **Antecedentes del problema**

La celda de manufactura QC ha venido sufriendo cambios de estructuración a lo largo de los últimos dos años, en la búsqueda de mejoras que no han sido sostenibles. En primer lugar, la celda se hizo flexible para producir estilos QL, lo que para el equipo de manufactura ha sido un reto, ya que la mezcla de estilos detracta enormemente la producción, generando WIP e inventario innecesario.

En segundo lugar, el nivel de utilización de la maquinaria en la celda es muy bajo. El equipo de mantenimiento tiene muchas intervenciones cada turno para realizar Set ups, ajustes y resolver atascamientos. Además, la alta generación de roturas por la maquinaria obsoleta hace que los niveles de scrap sean muy elevados.

Por último, la incorrecta configuración de la celda hace que el desbalance entre operaciones genere cúmulos, carga excesiva de trabajo para unos y tiempo ocioso para otros.

La preocupación sobre esta celda se basa en la decreciente productividad de la misma y actualmente la administración busca soluciones factibles para aumentar el rendimiento de la celda, ya que ésta enfrenta el desafío de cumplir con la demanda de los breakers QC cuya elaboración es más compleja y además aportar a la reducción de órdenes atrasadas de los breakers QL.

## **2.1 Descripción general de la empresa**

La empresa bajo investigación proporciona eficientes soluciones en administración de energía eléctrica, hidráulica y mecánica para sus clientes. La compañía es un líder mundial en tecnología de productos eléctricos, sistemas y servicios para la calidad de la energía, distribución y control, transmisión de energía, iluminación y productos de cableado; componentes hidráulicos, sistemas y servicios para equipos industriales y móviles.

Una vez conocido como proveedor de componentes vehiculares, la empresa ha diversificado para incluir un enfoque industrial y comercial más amplio. Hoy, los negocios de la empresa comprenden cinco segmentos distintos: Sector Eléctrico, Hidráulico, Aeroespacial, Camiones y Automotriz.

### **2.1.1 Sus productos**

#### **Productos Eléctricos**

Circuitos de interruptores eléctricos, interruptores de aspirado, ensamblajes de distribución de energía, contratistas y arrancadores de motor, hardware de interfaz de operador; sistemas de ingeniería y servicios de diagnóstico y soporte, sistemas de medición, software de administración de energía, dispositivos de protección y sistemas de energía ininterrumpida.

#### **Productos Hidráulicos**

Es un reconocido líder mundial en el diseño, fabricación y comercialización de sistemas hidráulicos confiables de alta eficiencia y componentes para utilizar en aplicaciones móviles e industriales.

### **Productos Aeroespaciales**

El negocio aeroespacial de la empresa es uno de los diseñadores líderes de la industria, fabricantes e integradores de avanzados sistemas hidráulicos, sistemas de combustible, sistemas de control de movimiento, sub-sistemas de propulsión e interfaz de cabina y aplicaciones del circuito de protección para programas comerciales y militares.

### **Productos Vehiculares**

Las transmisiones y embragues para camiones automáticos y mecánicos; sistemas de tren motriz híbrido, soporte de transmisión, suspensión, sistemas de extremo de rueda y seguridad; freno anti cierre y sistemas de control de tracción y diagnóstico de vehículos. Controles de administración de aire, transmisión y combustible, conectores de fluido automático y sistemas de administración de aire del motor.

## **2.1.2 Misión de la empresa**

Proporcionar soluciones de administración de energía seguras, confiables, eficientes y sostenibles para sus clientes a nivel mundial.

## **2.1.3 Visión de la empresa**

Ser la compañía más admirada en sus mercados.

## **2.1.4 Valores de la empresa**

- Orientación al cliente: - Su cliente es la razón de todo lo que hacen.
- Personas: - Reconocen a las personas como su recurso más valioso.
- Confianza: - Confían en la fiabilidad de otros para hacer lo correcto.
- Respeto: - Se tratan con respeto y consideración.
- Dignidad: - Respetan la autoestima de los demás.
- Integridad: - Son honestos y éticos.

### **2.1.5 Localización**

La planta en la cual llevamos a cabo el desarrollo de la investigación está ubicada en el Parque Industrial Itabo (PIISA), en Bajos de Haina.

## **2.2 Descripción del proceso de ensamble**

El ensamble es el proceso de manufactura por el cual distintos elementos son unidos mientras recorren estación a estación toda la celda de ensamble. En nuestro caso, cada estación de trabajo cuenta los materiales con los cuales se irán ensamblando los breakers, todos dispuestos en contenedores llamados comúnmente como “bines”.

El proceso puede ser dividido en 3 partes:

La primera parte consiste en incluir todos los componentes esenciales al breaker. Se adhieren a la base elementos tales como el welding assembly, handle, cradle, collar, terminal, extinguidores, barrier, entre otros. Una vez dispuestos todos estos elementos por varios operarios, se coloca la tapa y para fijarla se utiliza la máquina Rivet con la cual se remacha el polo.

La segunda parte consiste en la calibración eléctrica por medio de la máquina EDC. Este proceso consiste en hacer pasar por el polo cierta corriente eléctrica a la cual el mismo debería reaccionar disparando el interruptor, dentro de un rango de tiempo establecido para cada amperaje. Esta es una operación crítica ya que aquí se segregan los polos que tienen fallas en cuanto al tiempo de disparo. Luego pasamos a la segunda Rivet en caso de que el breaker sea de dos o más polos. La última parte del proceso contempla las operaciones de pruebas mecánicas, en donde se verifica que los interruptores actúen de manera adecuada; inspecciones visuales, pruebas eléctricas, limpieza, colocación de sellos o etiquetas y empaque.

## **CAPÍTULO III. MARCO TEÓRICO**

### **3.1 Introducción**

El presente capítulo tiene como objetivo servir como base teórica y conceptual con la que el lector conozca y se familiarice con términos y conceptos relacionados al proyecto con el fin de facilitar la comprensión de sus partes.

### **3.2 Productividad**

La productividad desde el punto de vista económico se define como la proporción existente entre los resultados obtenidos (productos o servicios) y los recursos aplicados a su obtención. Toro Alvarez, Fernando. Desempeño y Productividad., marzo 1990.

La productividad es relación entre la producción obtenida por un sistema de producción o servicios y los recursos utilizados para obtenerla. Prokopenko, Joseph.Op. Cit.

Según Kazukiyo, La productividad es una expresión de la fuerza productiva y da cuenta del momento cualitativo del proceso de producción. La fuerza productiva expresa la capacidad de producción, mientras que la productividad expresa la calidad.

### **3.3 Base Teórica**

**Breaker (Interruptor eléctrico):** Es un elemento de protección contra los cortos circuitos. Se basa en emplear unos disparadores para abrir el circuito eléctrico mediante el efecto electromagnético (Eaton, 2018).

**Producción:** El proceso de producción puede definirse como un sistema para transformar una combinación de entradas en una o más formas de salida. Este sistema transformador puede ser muy sencillo o complejo. Una característica esencial del proceso es la transformación de las entradas alterando su aspecto físico y creando así una salida de utilidad mayor. (W.J. Fabricky y Paul E. Torgensen).

**Sistema de manufactura:** Un sistema de manufactura es el conjunto de recursos, procesos y elementos Coordinados para la transformación eficiente de materias primas en productos de valor para el cliente (UVEG).

**Transformación:** Los procesos de transformación constituyen el aspecto central de los sistemas de manufactura y en ellos se concentra la mayor parte de los recursos organizacionales, de su eficiencia depende en gran medida el éxito o fracaso de las organizaciones. (UVEG, 2012).

**Métodos:** Son los estilos o formas de trabajo desarrollados por los miembros del sistema para cumplir con los objetivos de manufactura. (UVEG, 2012).

**Maquinaria:** Es el equipo físico empleado para realizar los procesos de transformación; de acuerdo con el grado de intervención humana suelen clasificarse en: automáticos, semiautomáticos y manuales. (UVEG, 2012).

**Producto:** Es el resultado deseado de los procesos conjuntos de manufactura; la transformación inicial de la materia prima en un bien de mayor utilidad y valor para el cliente. (UVEG, 2012).

**Desperdicio:** Es el resultado no deseado de los procesos de transformación, y puede definirse como todo aquello que no agrega valor al producto final que se le entrega al cliente. (UVEG, 2012).

**Productividad:** La productividad es la obtención del producto adecuado, utilizando el mínimo empleo de recursos, el proceso oportuno convenientemente gestionado con costos, tiempos y volúmenes de stock mínimos y sobre todo la máxima cantidad posible. (Cuatrecasas, 2012).

**Defecto:** Es todo que no añade valor al producto respecto a los estándares y es la causa de que el producto no es esencial de acuerdo al propósito para el cual fue fabricado y se rechaza el producto mientras se considere peligroso o inseguro (Radajell, 2010).

**Tiempo de procesamiento:** Es la tasa a la que deben fluir las operaciones, procesos, partes, componentes, etcétera, con el fin de cumplir con la meta de producción. Se calcula con el tiempo disponible para trabajar y la demanda que debe satisfacerse (Fred E. Meyers & Stephens, Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, 3era Edición, 2006).

**Estándar de tiempo:** El tiempo para producir un artículo en una estación de manufactura, con las tres condiciones siguientes: 1. Operador calificado y bien preparado. 2. Manufactura a ritmo normal, y 3. Hacer una tarea específica. (Fred E. Meyers & Stephens, Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, 3era Edición, 2006).

**Estudio de tiempo:** Es el proceso por el cual se establecen estándares de tiempo, donde se requiere un trabajador calificado y bien capacitado. (Fred E. Meyers & Stephens, Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, 3era Edición, 2006).

**Trabajo en proceso (WIP):** Artículos entre máquinas a la espera de ser procesados, trabajo en curso o proceso de inventario, incluye el conjunto en general de los elementos pendientes de los productos en un proceso de producción. Estos elementos no se han completado, pero ya simplemente ser fabricados o esperando en una cola para su procesamiento posterior o en una memoria buffer. (UVEG).

**DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control):** tiene como objetivo la mejora de los procesos que ya existen. Esta última metodología, han sido utilizada por diversos autores debido a que, en las empresas, uno de los problemas con los que se enfrentan es precisamente con procesos ya existentes que ameritan una mejora debido a que los resultados no cumplen con las expectativas del cliente.

**Cuello de Botella:** Recurso de restricción de capacidad cuya capacidad disponible limita la aptitud de la organización para satisfacer el volumen de productos, la mezcla de productos

o la fluctuación de la demanda requerida por el mercado. (Krajewski, Malohtra & Ritzman, 2008).

**Balanceo de celda:** Es dar a cada trabajador una cantidad de trabajo tan parecido como sea posible. (Fred E. Meyers & Stephens, Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, 2014).

**Distribución de la planta (Layout):** Boceto o dibujo esquemático que no incluye detalles ni terminaciones. Su objetivo es expresar ideas o conceptos, sin preocuparse por la estética. Sirve como estudio previo de otro tipo de trabajo (Concepción Saiz García, 2011).

**Diagrama de flujo:** trayectoria de flujo existente de los productos que fabrica la compañía. (EATON, 2015).

**Scrap:** el consumo de recursos que no generan valor agregado para la empresa, los clientes y/o consumidores. Cualquier otra cosa que la cantidad mínima de equipo, materiales, espacio, partes y tiempo del trabajador que son absolutamente esenciales para agregar valor al producto. “Fujio Cho”.

**Tiempo de ciclo:** El tiempo de ciclo de una celda es el tiempo máximo permitido para trabajar en la elaboración de una unidad en cada estación.

**Value Stream Map (VSM) “Mapa de cadena de valor”:** Es una herramienta de representación visual del mundo de lean, que permite analizar una implantación de forma

global y estudiar la necesidad y eficacia de herramientas concretas en el contexto de la implantación completa y de forma aislada (Reza-Balay, 2010).

**Defecto:** Es todo que no añade valor al producto respectó a los estándares y es la causa de que el producto no es esencial de acuerdo al propósito para el cual fue fabricado y se rechaza el producto mientras se considere peligroso o inseguro (Rajadell, 2010).

**Celda de producción:** Grupo de familia de máquinas que están asociadas a familias de productos y viceversa (Mannan, 2012).

**Diagrama de espina pescado:** También conocido como diagrama causa-efecto, fue desarrollado por Ishikawa El método consiste en definir la ocurrencia de un evento o problema no deseable, esto es, el efecto, como la “cabeza del pescado” y, después, identificar los factores que contribuyen a su conformación, esto es, las causas, como las “espinas del pescado” unidas a la columna vertebral y a la cabeza del pescado (Ingeniería Industrial Métodos, 2015).

**Lean Manufacturing:** es un método que tiene como objetivo la eliminación del despilfarro o desperdicios entendiéndose estos como todas aquellas actividades que no aportan valor al producto y por las cuales el cliente no está dispuesto a pagar, mediante la utilización de una colección de herramientas (TPM, 5´S, SMED, Kanban, Kaizen, heijunka y jidoka.) que se desarrollaron principalmente en Japón para la producción de automóviles. (Rajadell & Sánchez, 2010, ).

**Muda:** un término japonés que indica los esfuerzos que no agregan valor (desperdicio). Algunas categorías de muda son los defectos, sobre el inventario de producción o en exceso, el tiempo de inactividad y el diseño pobre. O Japón para los residuos, y cualquier actividad que consume recursos, pero no crea valor para el cliente.

**Downtime:** El término tiempo de inactividad se utiliza para referirse a períodos en los que un sistema no está disponible. El tiempo de inactividad o la duración de la interrupción se refieren a un período de tiempo que un sistema no puede proporcionar o realizar su función principal. Confiabilidad, disponibilidad, recuperación e indisponibilidad son conceptos relacionados.

**Eficiencia:** significa utilización correcta de los recursos (medios de producción) disponibles. Puede definirse mediante la ecuación  $E=P/R$ , donde P son los productos resultantes y R los recursos utilizados. (Idalberto Chiavenato).

## **CAPÍTULO IV MARCO METODOLÓGICO**

### **4.1 Introducción**

En este capítulo mencionaremos y detallaremos de amplia manera cuáles serán nuestras herramientas de apoyo tanto para recolectar información como para gestionar los análisis de la problemática que nos afecta. también conoceremos las técnicas y metodologías que nos ayudarán a dar con las soluciones correctas para lograr nuestro objetivo general que es el incremento de la productiva de la celda QC.

### **4.2 Tipo de Investigación**

La investigación que utilizaremos en nuestro proyecto será investigación aplicada ya que esta nos podrá ayudar a encontrar mecanismos y soluciones viables para lograr nuestro general que es el aumento de la productividad y por consiguiente de la eficiencia de la celda de ensamble QC.

Este tipo de investigación nos ayudará a resolver este planteamiento, basándose en la búsqueda y consolidación de cada una de variables que afectan directa o indirectamente la problemática que presentamos.

La investigación aplicada es una solución eficiente con fundamentos a un problema que se ha identificado; pedagogo, filósofo, sociólogo y ensayista argentino (Ezequiel Ander-Egg Hernández).

### **4.3 DMAIC**

DMAIC es el proceso de mejora que utiliza la metodología Seis Sigma y es un modelo que sigue un formato estructurado y disciplinado. DMAIC consistente de 5 fases conectadas

de manera lógica entre sí (Definir, Medir, Analizar, Mejorar, Controlar) ilustrado en la figura

1. Cada una de estas fases utiliza diferentes herramientas que son usadas para dar respuesta a ciertas preguntas específicas que dirigen el proceso de mejora. (McCarty et al., 2004).

### **Define (Definir) ¿Qué es lo importante?**

- Define los objetivos del proyecto.
- Define los requerimientos críticos para el cliente
- Documenta el proceso (Crea un mapeo del mismo).
- Crea la definición más fácil de entender de dicho problema.
- Construye al equipo efectivo.

### **Measure (Medir) ¿Cómo lo estamos haciendo ahora?**

- Mide el desempeño actual del proceso.
- Determina el ¿Qué? Voy a medir
- Desarrolla y valida el sistema de medición.
- Determina el desempeño actual del proceso.

### **Analyze (Analizar): ¿Qué está mal?**

- Analiza y determina la causa raíz de los problemas y/o defectos.
- Entiende la razón para la variación e identifica las causas potenciales.
- Identifica las oportunidades de mejora en el proceso.
- Desarrolla y prueba la hipótesis para la causa raíz de las soluciones.

### **Improve (Mejora): ¿Qué necesito hacer?**

- Desarrolla y cuantifica las soluciones potenciales.
- Mejora/Optimiza el proceso.

- Evalúa/Selecciona la solución final.
- Verifica la solución final.
- Gana la aprobación de la solución final.

**Control (Controla): ¿Cómo garantizar el desempeño?**

- Implementa la solución.
- Garantiza que la mejora es mantenida.
- Asegura que los nuevos problemas son identificados rápidamente.

#### **4.4 Métodos de investigación**

##### **4.4.1 Método cuantitativo**

La metodología cuantitativa utiliza la recolección y el análisis de datos para contestar preguntas de investigación y probar hipótesis establecidas previamente, y confía en la medición numérica, el conteo y frecuentemente el uso de estadística para establecer con exactitud patrones de comportamiento en una población. (Tamayo).

##### **4.4.2 Método Inductivo**

“El método inductivo se aplica en los principios descubiertos a casos particulares, a partir de un enlace de juicios”. Hernández Sampieri, R., et al (2006,)

Por medio de este método podremos observar los hechos o parámetros supuestos a dar seguimiento para registrar, clasificar y estudiar las variables de lugar que inciden en el bajo desempeño de la celda de producción, y nos permitirá llegar a la propuesta ideal para el incremento de la productividad de la celda.

#### 4.4.3 Métodos de recolección de datos

**Estudio de tiempos:** es una técnica utilizada para registrar los tiempos y ritmos de trabajo de las etapas que componen el proceso de producción. Consiste en medir el tiempo de una tarea de manera cuidadosa mediante el cronometraje, realizando repeticiones para así establecer el tiempo estándar de una operación, retrasos, descansos, entre otros.

**Data histórica:** Se basa la recolección y estudio de información previamente almacenada por los equipos departamentales de la empresa. Dicha información puede ser referente a los niveles de producción obtenidos en períodos anteriores, el flujo de la demanda, reporte de averías y downtime, registro de scrap y MRN, y documentos estándar.

**Voz del cliente:** es un término que describe el proceso de captar e interpretar de manera sistemática las expectativas, preferencias y experiencias del cliente con los productos y servicios. En este caso, realizando encuestas y charlas con los empleados involucrados en el proceso productivo, para obtener mayor información sobre los problemas que afectan a la celda de ensamble.

**Muestreo:** es el proceso de seleccionar un conjunto de individuos u objetos de una población con el fin de estudiarlos y poder caracterizar al resto de la población. Al utilizar este método, podremos obtener más información confiable, de una manera más rápida.

#### 4.4.4 Métodos de análisis de datos

**Regresión simple:** el objetivo de un análisis de regresión es determinar la relación que existe entre una variable dependiente y una o más variables independientes. Este método puede ser utilizado para evaluar tendencias en el tiempo y pronosticar situaciones o estados futuros.

**Análisis de correlación:** este es otro procedimiento estadístico para determinar si dos variables están relacionadas o no. El resultado del análisis es un coeficiente de correlación que puede tomar valores entre -1 y +1, cuando el coeficiente es igual a cero, no existe ninguna relación entre las variables.

**Value stream mapping:** es una herramienta importante de la metodología de manufactura esbelta (lean manufacturing) y consiste en realizar un diagrama que se utiliza para visualizar, analizar y mejorar el flujo de los productos y de la información dentro de un proceso de producción. Esta herramienta es útil debido a que nos permite visualizar las oportunidades de mejora de manera más sencilla.

**Análisis de Pareto:** por medio de esta herramienta se nos permite mostrar gráficamente el principio de Pareto, el cual establece que hay muchos problemas sin importancia frente a unos pocos muy importantes. Esto nos ayudará a aislar los detractores de mayor relevancia e impacto sobre las operaciones de la celda de ensamble.

**Plan, Do, Check, Act:** el ciclo PDCA, también conocido como Ciclo de mejora continua o Círculo de Deming, es una metodología que describe los cuatro pasos esenciales que se deben llevar a cabo de forma sistemática para lograr la mejora continua (disminución de fallos, aumento de la eficiencia, solución de problemas y eliminación de riesgos potenciales).

Para presentar la información obtenida estaremos empleando métodos gráficos como diagramas de Pareto, histogramas, diagramas de causa-efecto, diagramas de flujo y análisis estadístico.

## **SEGUNDA PARTE**

### **DESARROLLO DEL PROYECTO**

## **CAPÍTULO V. SITUACIÓN ACTUAL**

### **5.1 Introducción**

Esta empresa ensambladora de breakers ha presentado un bajo nivel de eficiencia luego de volver la celda QC flexible, y correr ambas categorías de productos el mismo día, ya que se ha disminuido el tiempo útil disponible, como consecuencia del alistamiento de máquinas y materiales. Este cambio se realizó porque la producción diaria de QC superaba la demanda promedio diaria. Por lo que se implantó correr el estilo QC y QL en esta celda de ensamble.

Como consecuencia de la flexibilidad de la celda, no se ha estado alcanzando la demanda promedio de celda, aparte de que las máquinas requieren cambios y ajustes para poder correr de un estilo a otro, y estas no están preparadas para estos cambios lo que genera pérdida de tiempo productivo por generación de change overs diarios sin previa organización, por operaciones manuales que pueden ser realizadas automáticamente y desperdicios generados por rotura de rivet como es el caso de la primera rivet, la cual es una máquina obsoleta que impide un correcto funcionamiento de la flexibilidad que esta implementada.

Existe un desbalance de la celda lo que genera tiempos de ocio, acumulación de trabajo en proceso y a su vez almacenes temporales. Esto trae como consecuencia el decremento de la productividad en la celda de ensamble.

A continuación, mostraremos el Layout de cada uno de los estilos, QC y QL con sus respectivas operaciones en las figuras 1 y 2.

### Distribución de instalación para estilos QC

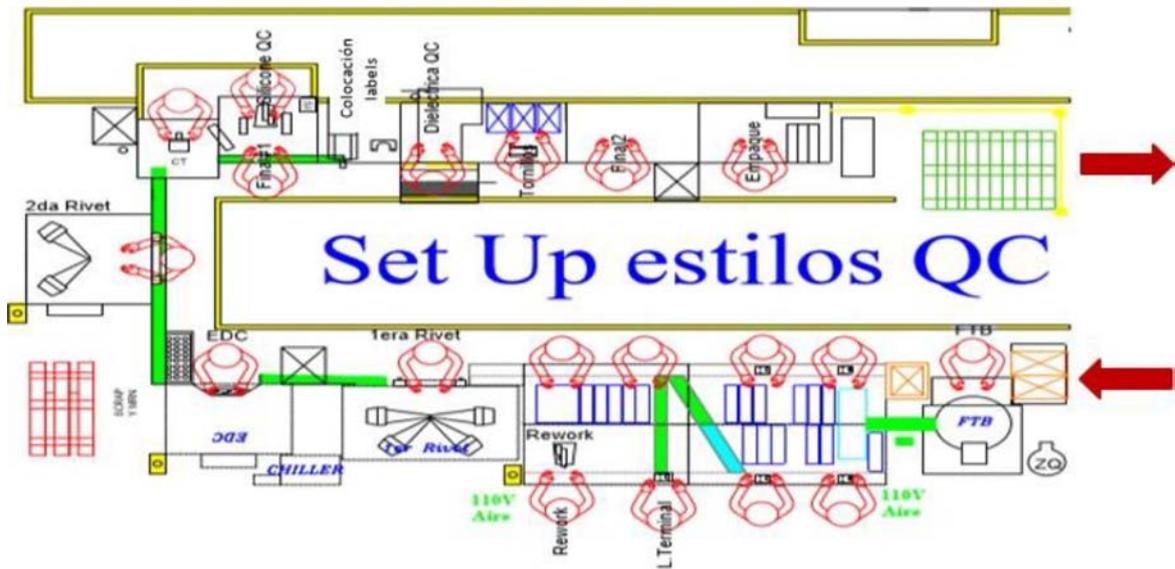


Fig. 1 Distribución Planta QC

### Distribución de instalación para estilos QL

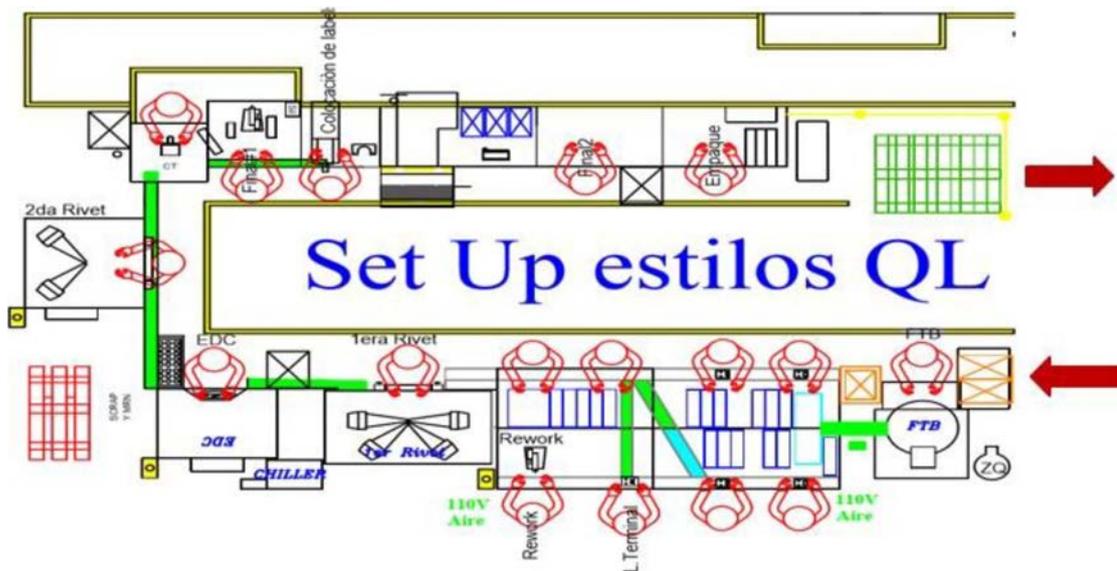


Fig. 2 Distribución Planta QL

## **5.2 Estudio de tiempos**

“Se define como el proceso de determinar el tiempo que requiere un operador hábil y bien capacitado que trabaja a ritmo normal para realizar una tarea específica.” (Chase, Jacobs, & Aquilano, 2009).

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 en la que se analizan los datos a fin de averiguar el tiempo requerido para efectuar la tarea según una norma de ejecución preestablecida.

"La Medición del trabajo es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida"

La medición del trabajo a su vez, sirve para investigar, minimizar y eliminar el tiempo improductivo, es decir, el tiempo durante el cual no se genera valor agregado. Una función adicional de la Medición del Trabajo es la fijación de tiempos estándar (tiempos tipo) de ejecución.

Para analizar el tiempo que tarda cada operador en realizar una operación, hemos utilizado esta herramienta. Se tomarán cinco tiempos por operación para determinar el promedio de cada una de las operaciones que permiten el ensamblado del breaker. Por medio de la determinación de los tiempos de cada operación, podremos calcular los siguientes puntos importantes: conocimiento de nuestra operación cuello de botella, tiempo total que tardan las dieciséis operaciones y la capacidad actual de la celda ajustándose al cuello de botella actual.

La tabla 1 y las figuras 3 y 4, nos muestran las operaciones que componen el proceso de ensamblaje de breakers, la toma de cada uno de los tiempos por operación, la suma de estas tomas y el tiempo estándar de las mismas.

Cabe resaltar que para obtener el tiempo estándar de las operaciones de los estilos de QC y QL, solo fueron posible realizar mediciones de tiempos de cinco tomas, debido a la limitación de obtención de la información, restringida por la empresa de manufactura de breakers en investigación.

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

#	Operaciones	Toma 1	Toma 2	Toma 3	Toma 4	Toma 5	∑ Tomas	Tiempo estándar (Segs)
1	FTB (Frame to base)	5.23	4.5	4.9	5.5	3.295	23.425	4.685
2	Ensamble Mecánico	4.2	4.1	4.7	4.5	5.5	23	4.6
3	Pre-calibración	5.7	5.4	5.2	5.1	4.9	26.3	5.26
4	Ensamble de terminal	6.2	5.9	5.7	7	7.6	32.4	6.48
5	Ensamble cover	5.9	6.1	5.9	5.7	4.8	28.4	5.68
6	1ra Rivet	5.6	5.9	5.4	5.5	5.8	28.2	5.64
7	EDC	3.9	4.5	4.3	4.2	3.9	20.8	4.16
8	2da Rivet	11.2	11.4	11.2	11.4	12.7	57.9	<b>11.58</b>
9	Prueba Common Trip	7.8	7.9	7.5	7.9	7.85	38.95	7.79
10	1ra Final	8.2	8.1	8.6	8.7	7.65	41.25	8.25
11	Sellado	10.23	10.1	10.3	10.4	10.12	51.15	10.23
12	Colocación de Labels	5.25	5.5	5.1	5.3	5.1	26.25	5.25
13	Prueba Dieléctrica	4.6	4.4	4.3	4.5	5.45	23.25	4.65
14	Colocar Tornillo	5.1	4.8	4.7	4.1	4.25	22.95	4.59
15	2da Final	3.8	2.9	3.5	3.3	3.5	17	3.4
16	Empaque	8.2	8.6	8.4	7.9	8.2	41.3	8.26

Tabla 1. Toma de tiempos

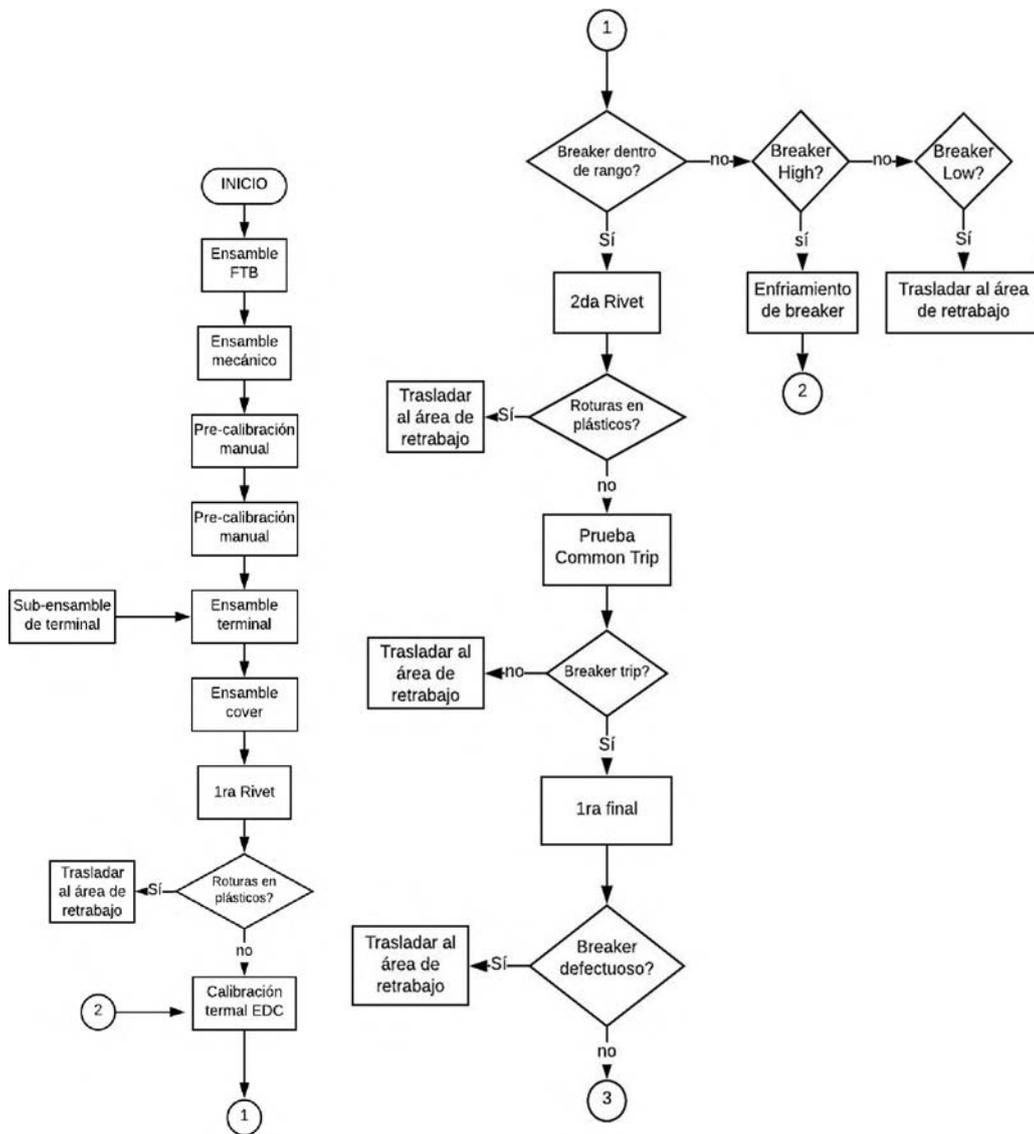


Fig. 3. Diagrama de Flujo. Operaciones en común para QC y QL

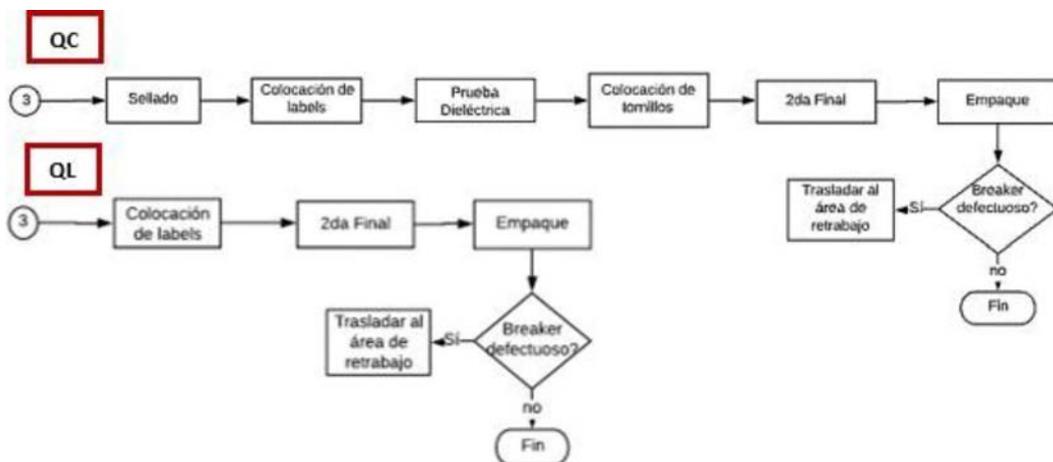


Fig. 4. Diagrama de flujo. Continuidad del proceso para QC y QL.

### 5.3 Diagrama de operaciones QC

En la figura 5 podremos observar el diagrama de actividades en el proceso de ensamble para el estilo de QC,

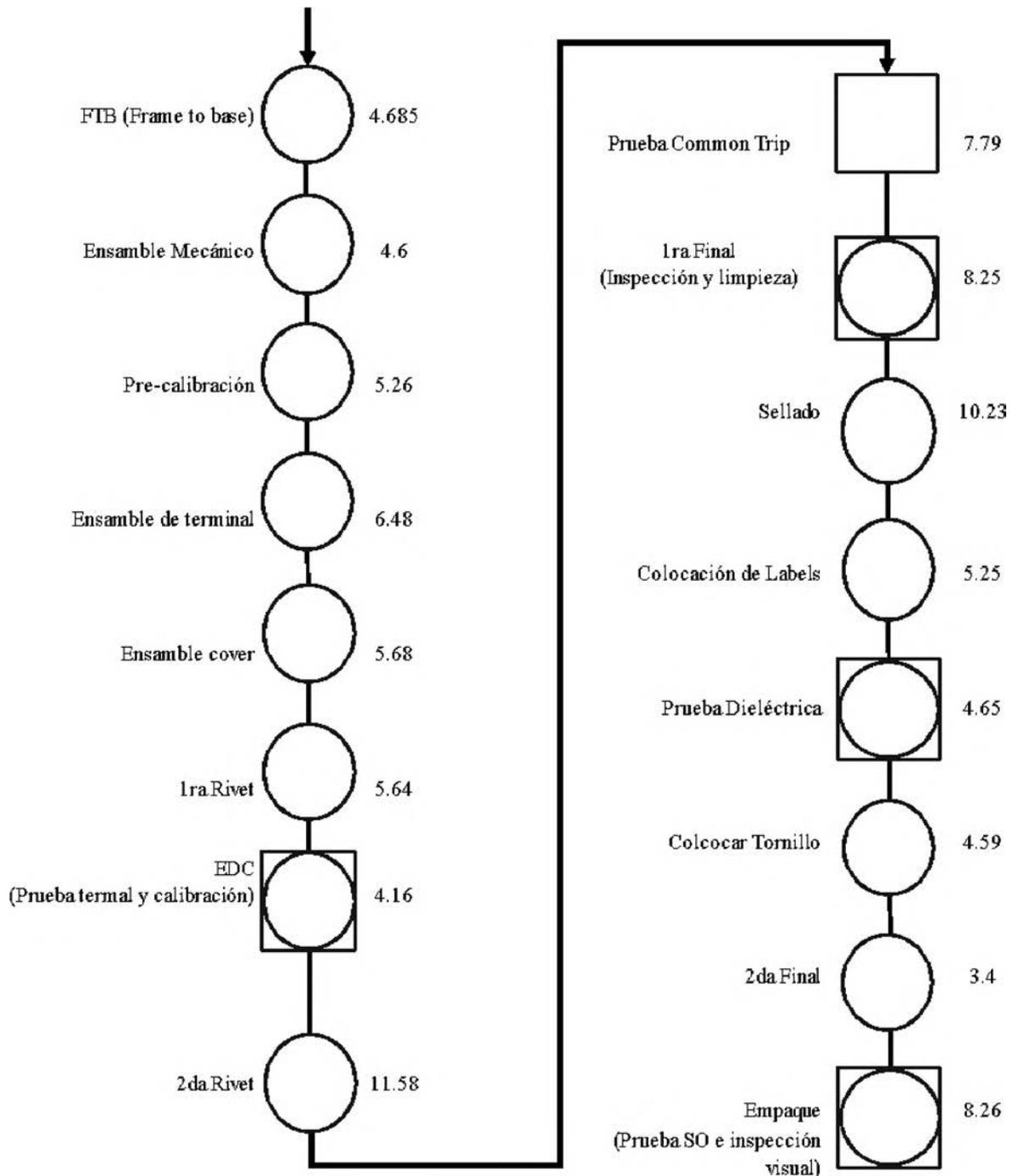


Fig. 5. Diagrama de operaciones QC

### 5.4 Diagrama de operaciones QL

En la figura 6 podremos observar el diagrama de actividades en el proceso de ensamble para el estilo de QL,

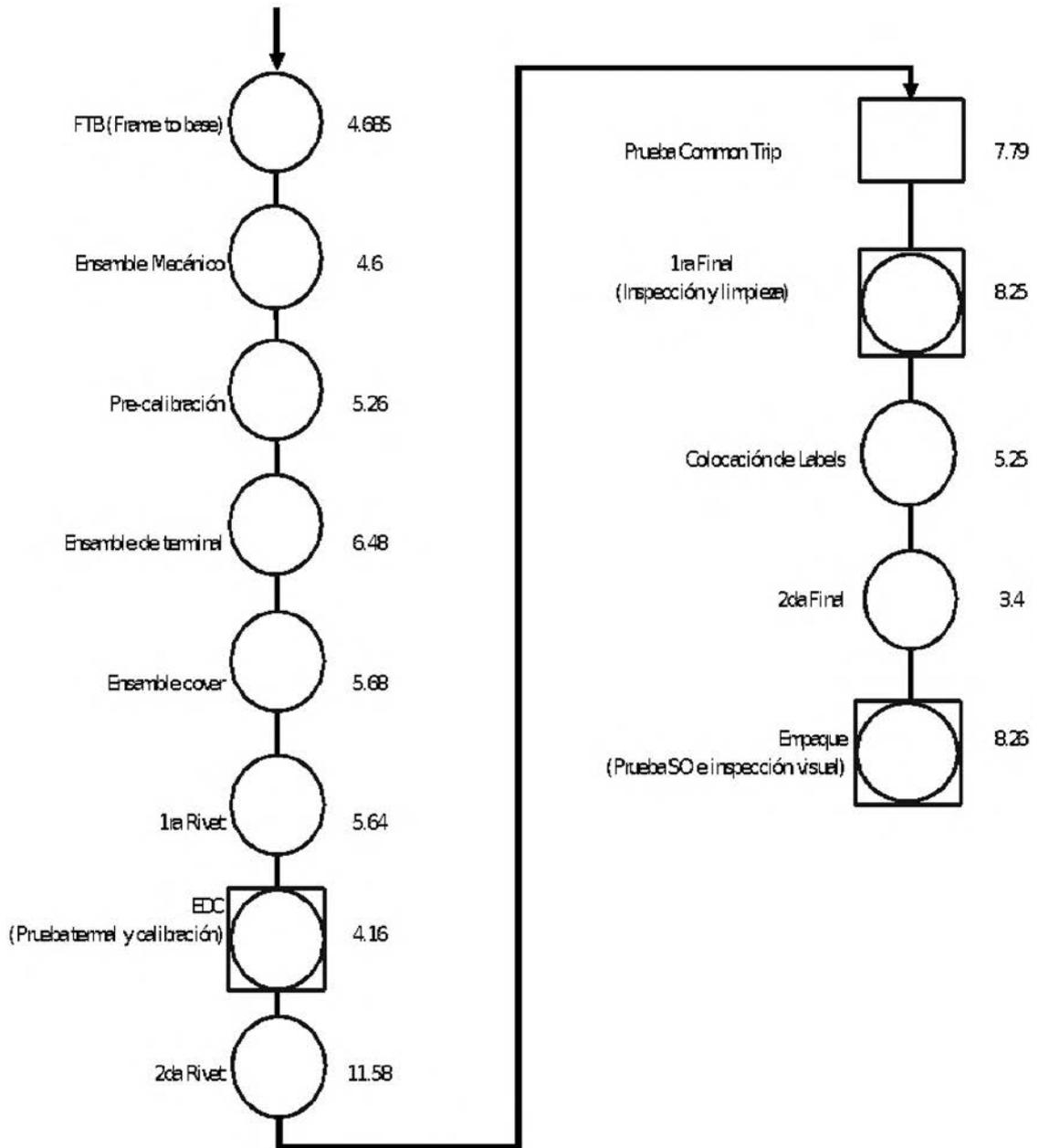


Fig. 6. Diagrama de Operaciones QL

## 5.5 Cálculo de la demanda

Para estimar la demanda promedio de los breakers producidos en esta celda, hemos recopilado data histórica desde el año 2018 para los catálogos high runners. Para la familia QL estudiamos el estilo BAB3020H y para la familia QC el estilo QC2020. La demanda para estos dos estilos se detalla de manera mensual en la tabla 2.

Año	Mes	BAB3020H (Unidades)	QC2020 (Unidades)
2018	Sept	16308	4592
2018	Oct	15948	4416
2018	Nov	15147	4960
2018	Dic	15150	4180
2019	Ene	14100	4640
2019	Feb	13200	5200
2019	Mar	13350	5290
2019	Abr	13320	5654
2019	May	13518	5626
2019	Jun	13713	5556
2019	Jul	13890	5462
2019	Ago	15240	4822

Tabla 2. Demanda BAB3020H y QC2020

Hemos decidido proyectar la demanda futura por medio del método de *regresión lineal* el cual permite hallar el valor esperado de una variable aleatoria  $a$  cuando  $b$  toma un valor específico. El pronóstico de regresión lineal simple es un modelo óptimo para patrones de demanda con tendencia creciente o decreciente, como en este caso que observamos ambas tendencias. Las fórmulas empleadas para dicho pronóstico son las siguientes:

$$a = \bar{y} - b\bar{x} \qquad b = \frac{\sum xy - n\bar{x} \cdot \bar{y}}{\sum x^2 - n\bar{x}^2} \qquad Y = a + bx$$

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

$a$  = Secante  $Y$

$b$  = Pendiente de la recta

$\bar{y}$  = Promedio de todas las  $y$

$\bar{x}$  = Promedio de todas las  $x$

$x$  = Valor  $x$  de cada punto de datos

$y$  = Valor  $y$  de cada punto de datos

$n$  = Número de punto de datos

$Y$  = Valor de la variable dependiente calculada con la ecuación de regresión

Una vez realizado el cálculo de regresión lineal (Ver tabla en anexos), obtuvimos los resultados detallados en las tablas 3 y 4.

**Catálogo BAB3020H**

Y (Demanda Mensual)	Mes	Año	Corrida QL
15381	Sept	2019	4394.63
15204	Oct	2019	4344.02
15027	Nov	2019	4293.41
14850	Dic	2019	4242.80
14673	Ene	2020	4192.20
14496	Feb	2020	4141.59
14318	Mar	2020	4090.98
14141	Abr	2020	4040.37
13964	May	2020	3989.77
13787	Jun	2020	3939.16
13610	Jul	2020	3888.55
13433	Ago	2020	3837.95
<b>Promedio Diario</b>			4116

Tabla 3. Tendencia de demanda BAB3020H

**Catálogo QC2020**

Y (Demanda Mensual)	Mes	Año	Corrida QC
4524	Sept	2019	3015.98
4617	Oct	2019	3077.70
4709	Nov	2019	3139.42
4802	Dic	2019	3201.14
4894	Ene	2020	3262.86
4987	Feb	2020	3324.58
5079	Mar	2020	3386.30
5172	Abr	2020	3448.02
5265	May	2020	3509.75
5357	Jun	2020	3571.47
5450	Jul	2020	3633.19
5542	Ago	2020	3694.91
<b>Promedio Diario</b>			3355

Tabla 4. Tendencia de demanda QC2020

## 5.6 Cálculo del WIP

El Work-In-Process o Wip es cómo se denomina en inglés al inventario en proceso que incluye el conjunto de las tareas pendientes para finalizar los productos o servicios de cualquier proceso de producción. “Work in Progress Earned Value Management (“WIPing” EVM into Shape?)” de Remi St-Martin and David Fannon.”

Para calcular el WIP en la celda lo primero que realizamos fue el cálculo de las unidades trabajadas en la operación anterior a la que genera work in process, luego se calcula las unidades que puede trabajar la operación que genera WIP, tomando en cuenta que esta operación tendrá un tiempo menor disponible debido a la espera de la operación anterior. Y el WIP será igual a la diferencia entre las unidades enviadas por la operación anterior menos la capacidad de procesamiento de la operación siguiente.

En la figura 7 se detallan las potenciales causas de la generación de WIP en las estaciones de ensamble:

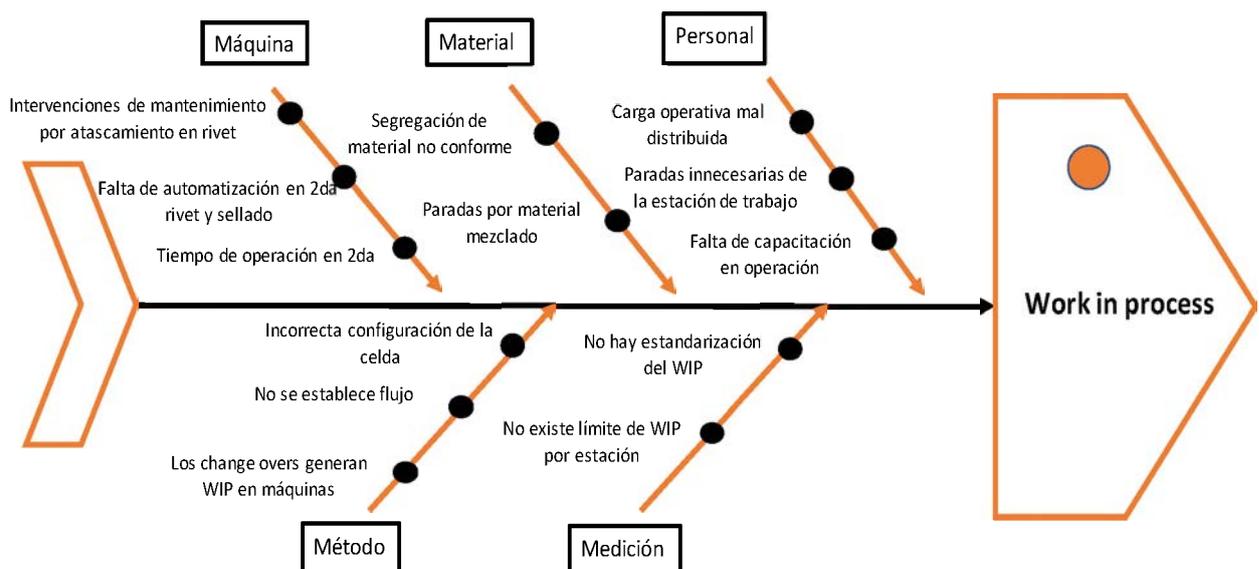


Fig 7. Causas potenciales del WIP en la celda

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

Se realizó la prueba del cúmulo de trabajo en proceso durante cinco minutos, para obtener un estimado de cuanto WIP se acumula en la celda a raíz del desbalanceo de la misma. En las tablas 5 y 6 podremos observar los datos de acumulación de trabajo en proceso tanto para la celda de QC como para QL:

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	T.E (Mins)	Producido 1	Tiempo Disp/OP x 5 Mins	Producido 2	WIP Acum
1	FIB (Frame to base)	4.685	0.08	64.03	5.00	64.03	-
2	Ensamble Mecánico	4.6	0.08	65.22	4.92	64.20	0
3	Pre-calibración	5.26	0.09	57.03	4.85	55.27	10
4	Ensamble de terminal	6.48	0.11	46.30	4.76	44.05	13
5	Ensamble cover	5.68	0.09	52.82	4.65	49.12	0
6	1ra Rivet	5.64	0.09	53.19	4.55	48.46	4
7	EDC	4.16	0.07	72.12	4.46	64.34	0
8	2da Rivet	11.58	0.19	25.91	4.39	22.75	49
9	Prueba Common Trip	7.79	0.13	38.51	4.20	32.34	0
10	1ra Final	8.25	0.14	36.36	4.07	29.59	9
11	Sellado	10.23	0.17	29.35	3.93	23.06	13
12	Colocación de Labels	5.25	0.09	57.14	3.76	42.98	0
13	Prueba Dieléctrica	4.65	0.08	64.52	3.67	47.40	10
14	Colocar Tornillo	4.59	0.08	65.36	3.60	47.00	18
15	2da Final	3.4	0.06	88.24	3.52	62.10	3
16	Empaque	8.26	0.14	36.32	3.46	25.15	63

Tabla 5. Cálculo WIP QC

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	T.E (Mins)	Producido 1	Tiempo Disp/OP x 5 Mins	Producido 2	WIP Acum
1	FIB (Frame to base)	4.685	0.08	64.03	5.00	64.03	-
2	Ensamble Mecánico	4.6	0.08	65.22	4.92	64.20	0
3	Pre-calibración	5.26	0.09	57.03	4.85	55.27	10
4	Ensamble de terminal	6.48	0.11	46.30	4.76	44.05	13
5	Ensamble cover	5.68	0.09	52.82	4.65	49.12	0
6	1ra Rivet	5.64	0.09	53.19	4.55	48.46	4
7	EDC	4.16	0.07	72.12	4.46	64.34	0
8	2da Rivet	11.58	0.19	25.91	4.39	22.75	49
9	Prueba Common Trip	7.79	0.13	38.51	4.20	32.34	0
10	1ra Final	8.25	0.14	36.36	4.07	29.59	9
11	Colocación de Labels	5.25	0.09	57.14	3.93	44.93	0
12	2da Final	3.4	0.06	88.24	3.84	67.83	0
13	Empaque	8.26	0.14	36.32	3.79	27.51	61

Tabla 6. Cálculo WIP QL

Como se visualiza en las gráficas, el mayor cúmulo de trabajo en proceso es en la operación de empaque, que es la última operación, seguido de la operación de la segunda rivet que es la operación cuello de botella, precisamente, porque las operaciones anteriores poseen un tiempo estándar de un tercio en promedio menor que las operaciones que producen mayor WIP.

### 5.7 Mapa de la Cadena de Valor Actual

El mapeo de Flujo de Valor es una herramienta que nos sirve para ver y entender el proceso e identificar los desperdicios de recursos (materiales, horas hombre, transportes...). Permite detectar fuentes de ventaja competitiva y comunica ideas de mejora. A continuación, se despliegan los mapas de flujo de valor para los estilos QC y QL, en las figuras 8 y 9.

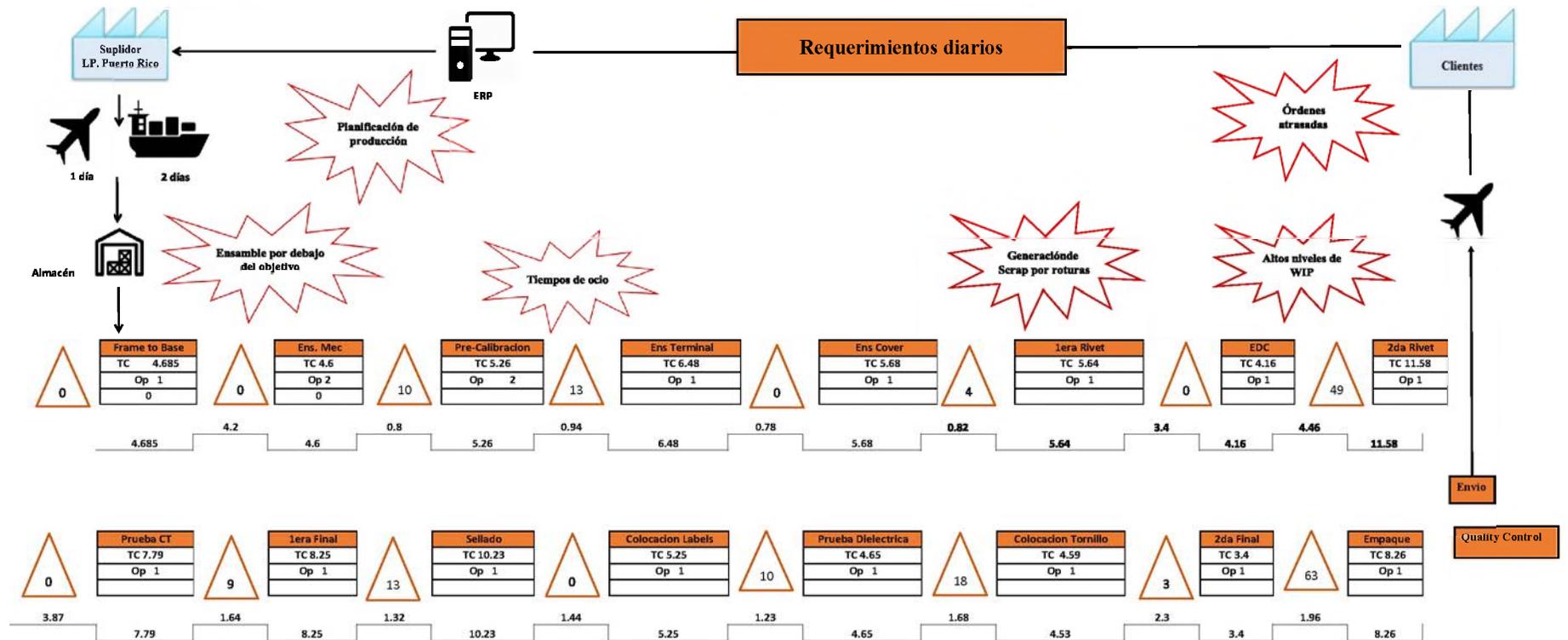


Fig 8. Mapa de Cadena de Valor Actual QC

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

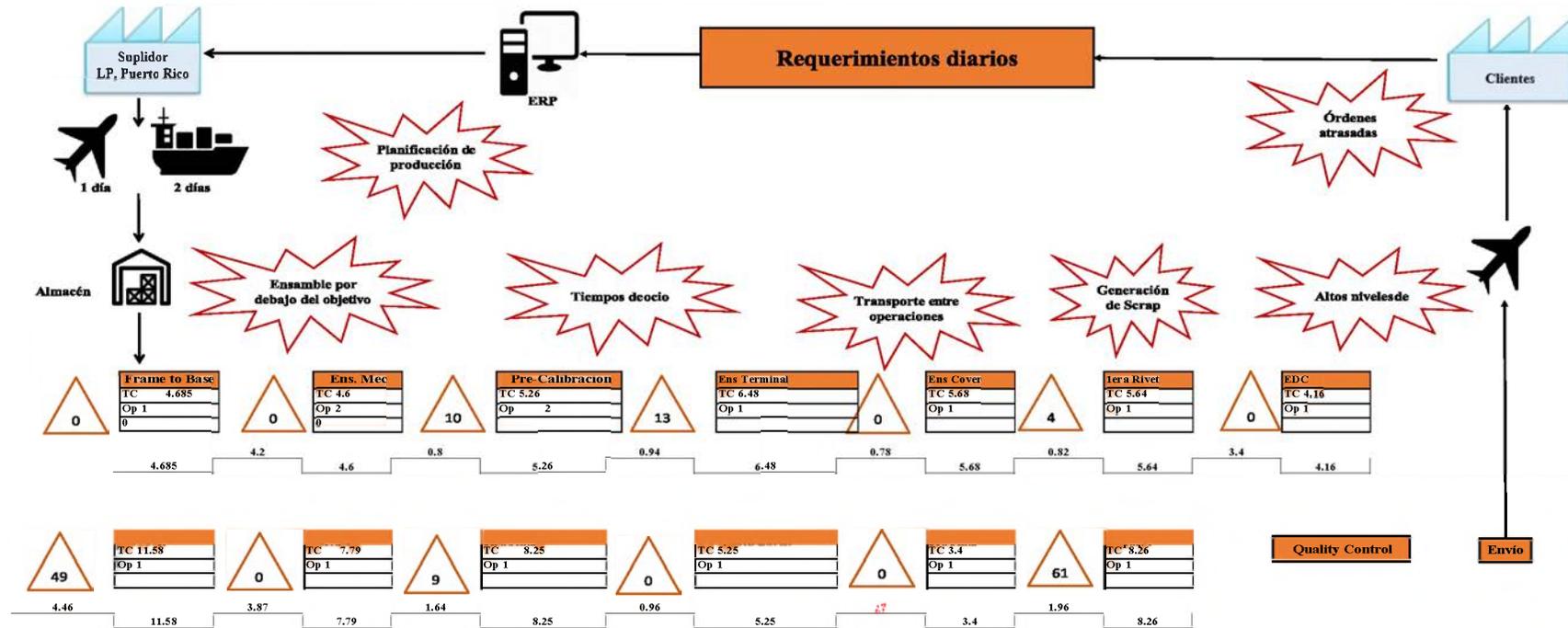


Fig 9. Mapa de Cadena de Valor Actual QL

*Michael Porter* con su libro “Competitive Advantage” 1985, fue el iniciador de la idea de “Cadena de Valor” para establecer como base fundamental el concepto de lo que es realmente importante y tiene valor para el Cliente final y cómo mejorar la eficiencia del proceso.

Las oportunidades que podemos visualizar mediante este diagrama van desde la planificación en base a la demanda, los tiempos de ocio entre operaciones y generación de scrap hasta el cumplimiento con el cliente por órdenes atrasadas. Estas son las oportunidades que estaremos analizando y buscando soluciones factibles a la causa raíz de cada una.

## 5.8 Cálculo de la eficiencia

Para efectuar el cálculo de la eficiencia actual de la celda es necesario obtener los datos de la tabla siguiente:

<b>Tiempo disponible por turno</b>	528 mins
<b>Tiempo de break</b>	48 mins
<b>Tiempo de Set Up de máquina EDC/Rivet</b>	30 mins
<b>Tiempo de Set Up materiales</b>	30 mins
<b>Tiempo total en producir 1era ud</b>	1.675 mins
<b>Tiempo útil productivo</b>	418.325 mins

Tabla 7. Tiempos

La base de las situaciones en las cuales se presentan cúmulos dentro de la celda de ensamble se debe a una interrupción del flujo de producción o desbalance entre operaciones. Es importante que el tiempo de ciclo de cada operación sea similar y evitar el tiempo de ocio en las tareas.

Para poder detectar las brechas en cuanto a diferencias de tiempo entre operaciones, hemos realizado un análisis de tiempos de todas las estaciones, mientras se produce un catálogo de *QC*. A continuación, mostramos los resultados en la tabla 8:

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	Operadores
1	FTB (Frame to base)	4.685	1
2	Ensamble Mecánico	4.6	2
3	Pre-calibración	5.26	2
4	Ensamble de terminal	6.48	1
5	Ensamble cover	5.68	1
6	1ra Rivet	5.64	1
7	EDC	4.16	1
8	2da Rivet	11.58	1
9	Prueba Common Trip	7.79	1
10	1ra Final	8.25	1
11	Sellado	10.23	1
12	Colocación de Labels	5.25	1
13	Prueba Dieléctrica	4.65	1
14	Colocar Tornillo	4.59	1
15	2da Final	3.4	1
16	Empaque	8.26	1
<b>Tiempo total (Segs)</b>		<b>100.505</b>	
<b>Tiempo total (Mins)</b>		<b>1.675</b>	

Tabla 8. Tiempo estándar de operaciones QC

Hemos resaltado la operación cuyo tiempo de realización es mayor, conocida como cuello de botella, y ocurre en la 2da Rivet con **11.58 segs** (0.193 mins). Esta operación es la que determina el ritmo de producción al que obtendremos las unidades.

Nuestra capacidad actual viene dada por la relación entre el tiempo útil disponible por turno y el tiempo estándar de la operación cuello de botella.

$$Capacidad\ actual = \frac{418.325\ mins}{0.193\ ud} = 2167.48\ uds/turno$$

La eficiencia de la celda de ensamble se obtiene a partir de la división de la producción real sobre la producción esperada, que en este caso es de 3355 uds:

$$Eficiencia\ actual = \frac{2167.48\ uds}{3355\ uds} \times 100 = 64.60\%$$

Para determinar la capacidad actual para los estilos **QL**, realizamos el mismo procedimiento con los datos de la tabla 9.

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	Operadores
1	FTB (Frame to base)	4.685	1
2	Ensamble Mecánico	4.6	2
3	Pre-calibración	5.26	2
4	Ensamble de terminal	6.48	1
5	Ensamble cover	5.68	1
6	1ra Rivet	5.64	1
7	EDC	4.16	1
8	2da Rivet	<b>11.58</b>	1
9	Prueba Common Trip	7.79	1
10	1ra Final	8.25	1
11	Colocación de Labels	5.25	1
12	2da Final	3.4	1
13	Empaque	8.26	1
<b>Tiempo total (Segs)</b>		<b>81.035</b>	
<b>Tiempo total (Mins)</b>		<b>1.351</b>	

Tabla 9. Tiempo estándar actual operaciones QL

La 2da Rivet con **11.58 segs** (0.193 mins) es de igual manera la que determina el ritmo de producción al que obtendremos las unidades.

Nuestra capacidad actual viene dada por la relación entre el tiempo útil disponible por turno y el tiempo estándar de la operación cuello de botella. Para el caso de QL, sería la siguiente:

$$Capacidad\ actual = \frac{418.325\ mins}{0.193\ \frac{mins}{ud}} = 2167.48\ uds/turno$$

La eficiencia de la celda de ensamble se obtiene a partir de la división de la producción real sobre la producción esperada, que en el caso de QL es de 4116 uds:

$$Eficiencia\ actual = \frac{2167.48\ uds}{4116\ uds} \times 100 = 52.65\%$$

Una vez determinada la capacidad actual de la celda y la eficiencia de la misma, calculamos la productividad de la misma empleando la relación entre el output o producción y el tiempo disponible como se muestra en la siguiente fórmula:

$$Productividad = \frac{Output}{Tiempo\ disponible}$$

Entonces,

$$Productividad\ Actual = \frac{2167.48\ uds}{418.325\ mins} = 5.18\ uds/min$$

Hemos analizado las potenciales causas de esta baja eficiencia en la celda de manufactura, las detallamos en la figura 10.

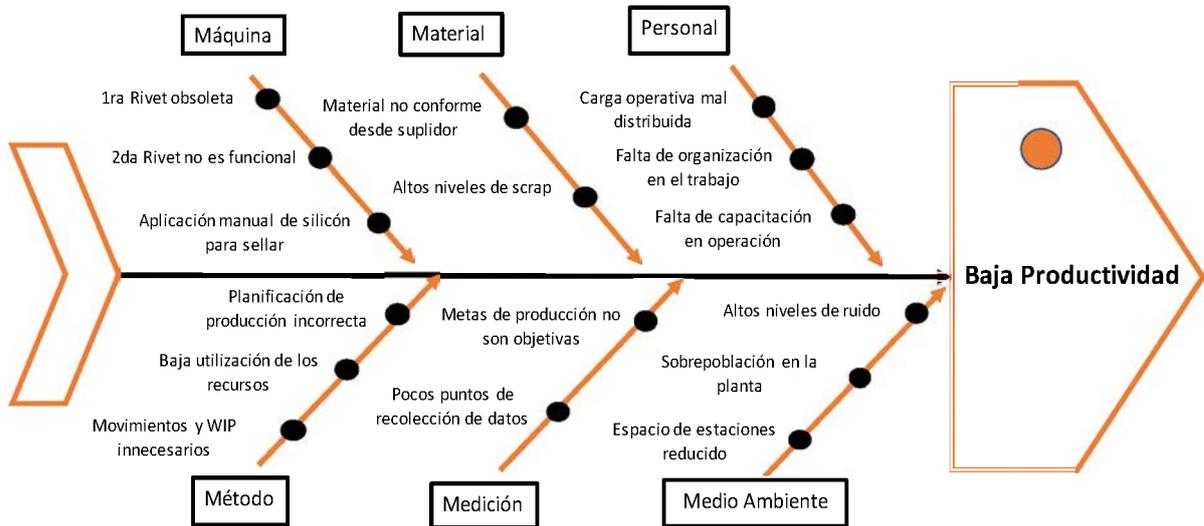


Fig 10. Potenciales causas de la baja productividad

## **5.9 Operaciones cuello de botella**

Existen operaciones que conllevan un mayor tiempo de realización que otras, éstas son las denominadas *cuello de botella*. Estas operaciones aumentan los tiempos de espera y disminuyen sustancialmente la productividad, para nuestro caso un cuello de botella puede generar problemas de calidad ya que los técnicos de proceso no permiten los cúmulos en la mesa de ensamble, debe haber flujo continuo.

Dentro de las operaciones con mayor tiempo de realización se encuentran las siguientes (en orden descendente):

### **2da Rivet**

Esta operación consta de la unión de dos o más polos por medio del remachado con rivet. El operador une manualmente los polos, los coloca en el accesorio para fijarlos en la máquina, luego coloca 2 rivets en las perforaciones que tienen los breakers y acciona la máquina por medio de botones “anti-tie down”, los cuales requieren que el operador use sus dos manos simultáneamente para oprimir los botones. Una vez oprimido los botones, el accesorio que sujeta el breaker lo lleva al centro de acción, donde la máquina aplica presión y deja los polos permanentemente unidos.

La operación es la que más tarda en el proceso de producción por cada unidad debido a que el operador debe ejercer varias tareas que implican movimientos excesivos, tiempo de espera a la máquina y es un proceso muy manual que puede ser más automatizado.

### **Sellado**

El sellado consiste en cubrir con silicón las aberturas causadas debido a irregularidades en los materiales, falta de presión en el remachado o componentes fuera de dimensión. Se requiere de esta operación solamente para los breakers QC y se detecta la condición mediante

el uso de galgas, herramienta de determinado grosor que es introducido por la abertura, si esta pasa libremente, el breaker debe ser sellado, de lo contrario, puede ser devuelto al flujo.

El silicón es aplicado con una jeringa, y dispersado con una placa lisa de modo que quede uniforme. Lo que más tarda en la operación es el tiempo de secado del silicón.

### **Empaque**

La operación de empaque cumple con la inspección visual de los breakers, realización de prueba mecánica denominada “Shock out” en la que se prueba los interruptores del breaker, ensamble de las cajas de cartón y posterior empacado.

### **1ra Final**

Esta operación incluye la limpieza de los breakers con brochas o papel toalla y alcohol, para retirar cualquier rastro de grasa de la superficie del mismo, también se realiza inspección visual para descartar WIP con roturas por máquinas y finalmente se coloca una etiqueta llamada “seal” para sellar un agujero en el plástico del breaker.

## **5.10 Desperdicios**

Es todo aquello que no agrega valor a un producto o servicio para los clientes. Desperdicio, pérdida o despilfarro, en este contexto, es toda mal utilización de los recursos y / o posibilidades de la empresa.

No controlar los desperdicios o no adoptar medidas para prevenir o eliminar las causas gestara productos de mala calidad, con altos costos y a su vez disminución de la productividad de la empresa misma.

Los desperdicios encontrados dentro de la celda de producción fueron analizados y los datos obtenidos fueron los siguientes:

## Pérdida por generación de Scrap

Llamamos scrap a las piezas o partes ensambladas del breaker que no son requeridas en el siguiente proceso de ensamblado debido a algún defecto ocasionado.

La mayor cantidad de scrap producido se genera en la máquina la cual denominamos como primera rivet, esta máquina coloca los rivets por medio de cuatro brazos mecánicos, estos brazos deben de ser ajustados según la necesidad del breaker, ya sea un polo, dos polos o tres polos, para que acoplen en la ranura especificada. A raíz del indebido ajuste de la máquina se rompen los breakers, lo que ocasiona pérdidas de materiales y decremento de las unidades buenas producidas. En la figura 11 se detallan las posibles causas de rotura en los plásticos por la máquina 1ra Rivet.

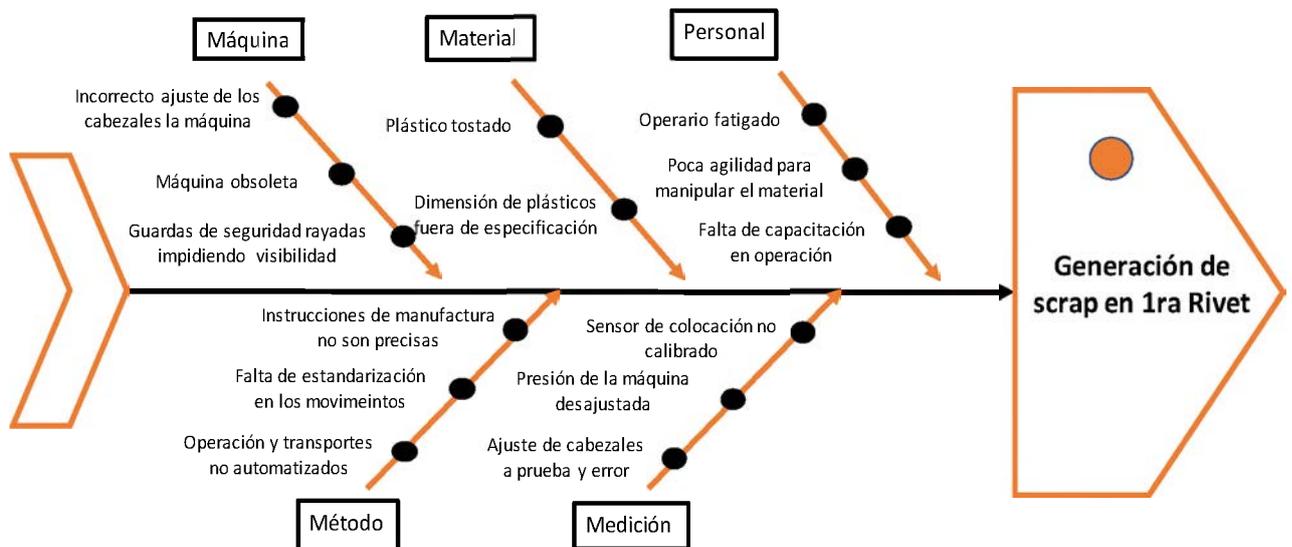


Fig 11. Potenciales causas de generación en Máquina Primera Rivet

Para estimar la pérdida mensual por generación de scrap debido a rotura, hemos recopilado data histórica desde el mes de enero hasta agosto del 2019, tanto de las unidades rotas como de la pérdida monetaria. Los desperdicios analizados son los correspondientes a los estilos BAB3020H y QC2020, high runners de la celda.

En la tabla 10 se muestra las pérdidas mensuales por rotura, la cual lleva una tendencia fluctuante.

Mes	Unidades		Cantidad (US\$)		Pérdida mensual (US\$)
	Plásticos	Rivets	Plásticos	Rivets	
Jan	11852	47408	\$ 4,665.00	\$ 1,232.61	\$ 5,897.61
Feb	4950	19800	\$ 2,243.53	\$ 514.80	\$ 2,758.33
Mar	4608	18432	\$ 2,155.36	\$ 479.23	\$ 2,634.59
Abr	2690	10760	\$ 1,022.45	\$ 279.76	\$ 1,302.21
May	4045	16180	\$ 1,797.96	\$ 420.68	\$ 2,218.64
Jun	2749	10996	\$ 1,050.58	\$ 285.90	\$ 1,336.48
Jul	4652	18608	\$ 1,520.85	\$ 483.81	\$ 2,004.66
Ago	1450	5800	\$ 797.35	\$ 150.80	\$ 948.15

Tabla 10. Materiales desechados por Scrap en operación de rivet

Si visualizamos la tabla 11, deducimos que en promedio se tiene una pérdida de 18,498 rivets, 4,624.5 plásticos y un estimado de US\$ 2,387,58 dólares por mes, a causa de la rotura que provoca la máquina de la operación de la primera rivet.



Tabla 11. Pérdidas mensuales por rotura de plásticos y rivets.

## Change Overs

En la fabricación, el *change over* es el proceso de convertir una celda o máquina de un producto a otro. Los tiempos de cambio pueden durar desde unos pocos minutos hasta varias semanas, dependiendo del tipo de producto en proceso. Por otro lado, el *set up* que también conocemos como seteo o configuración de las máquinas, no es más que cambios realizados a las máquinas.

Actualmente los cambios de estilo no son contemplados por el equipo de planificación en cuanto a la disminución de la productividad, considerando que la celda se ha convertido en “flexible” se planifican corridas con mix de estilos QC y QL.

El cambio de los materiales y set up de maquinarias se demora unos 30 minutos cada uno (1 hora), debido a que se debe despejar la mesa de ensamble por completo para introducir un nuevo estilo y en cuanto a las máquinas, los técnicos deben cambiar fixtures y realizar ajustes para el nuevo estilo a producir. En promedio los cambios de un estilo a otro se hacen de 5 a 6 veces entre semana. Considerando el costo de las horas/hombre como RD \$52.80, obtenemos el siguiente costo de oportunidad:

<b>Tiempo del change over (hrs)</b>	1
<b>Hrs/h a la semana</b>	6
<b>Hrs/h al mes</b>	24
<b>Costo por Hrs/h al mes</b>	\$22,809.60

Tabla 12. Costo change overs actuales por mes

## Tiempo de ocio entre operaciones

Otro desperdicio importante que se debe resaltar son las horas inutilizadas por el personal operativo debido al desbalance entre las actividades de uno y otro. El tiempo de ocio es uno de los desperdicios que más pasan desapercibidos en la elaboración de ciertos productos, ya que los operarios tienden a ocultarlo para justificar su salario. Tomamos en cuenta este desperdicio debido a que, además de no agregar valor al producto, al final de cada turno es traducido en un costo incurrido por la empresa de forma inconsciente e innecesaria.

A continuación, realizamos el análisis de los tiempos improductivos para los estilos de QC y QL, respectivamente. Una vez obtenido estos tiempos, los hemos llevado a cifras monetarias por pérdidas diarias y mensuales. Como mostramos en las tablas 13 y 15:

### Pérdidas por tiempo ocioso en estilos QC

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	Tiempo de ocio
1	FTB (Frame to base)	4.685	-
2	Ensamble Mecánico	4.6	<b>0.085</b>
3	Pre-calibración	5.26	-0.66
4	Ensamble de terminal	6.48	-1.22
5	Ensamble cover	5.68	<b>0.8</b>
6	1ra Rivet	5.64	<b>0.04</b>
7	EDC	4.16	<b>1.48</b>
8	2da Rivet	11.58	-7.42
9	Prueba Common Trip	7.79	<b>3.79</b>
10	1ra Final	8.25	-0.46
11	Sellado	10.23	-1.98
12	Colocación de Labels	5.25	<b>4.98</b>
13	Prueba Dieléctrica	4.65	<b>0.6</b>
14	Colocar Tornillo	4.59	<b>0.06</b>
15	2da Final	3.4	<b>1.19</b>
16	Empaque	8.26	-4.86
		$\Sigma$	<b>13.825</b>

Tabla 13. Tiempo de ocio actual estilos QC

Al obtener el tiempo ocioso en la elaboración de una unidad (13.825 segs) y sabiendo que la capacidad de producción diaria actual es de 2167 unidades, obtenemos el tiempo ocioso por día que es de 29,958.775 segundos.

Esta cantidad expresada en horas nos arroja **8.322** hrs/turno, tomando en cuenta que estas horas se distribuyen entre los 18 operadores, de modo que en promedio cada uno de ellos tiene **0.462** hrs de ocio en su turno de trabajo.

Sabiendo que el salario por hora de los operadores es de RD \$52.80, obtenemos el costo de las horas perdidas por ocio:

Hrs de ocio/turno	Costo Diario	Costo Mensual
8.322	\$ 439.40	\$ 10,470.79

Tabla 14. Costo horas de ocio actual estilos QC

### Pérdidas por tiempo ocioso en estilos QL

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	Tiempo de ocio (Segs)
1	FTB (Frame to base)	4.685	-
2	Ensamble Mecánico	4.6	<b>0.085</b>
3	Pre-calibración	5.26	-0.66
4	Ensamble de terminal	6.48	-1.22
5	Ensamble cover	5.68	<b>0.8</b>
6	1ra Rivet	5.64	<b>0.04</b>
7	EDC	4.16	<b>1.48</b>
8	2da Rivet	11.58	-7.42
9	Prueba Common Trip	7.79	<b>3.79</b>
10	1ra Final	8.25	-0.46
11	Colocación de Labels	5.25	<b>3</b>
12	2da Final	3.4	<b>1.85</b>
13	Empaque	8.26	-4.86
		$\Sigma$	<b>11.045</b>

Tabla 15. Tiempo de ocio actual estilo QL

Al obtener el tiempo ocioso en la elaboración de una unidad (11.045 segs) y sabiendo que la capacidad de producción diaria actual es de 2167 unidades, obtenemos el tiempo ocioso por día que es de 23934.515 segundos. Esta cantidad expresada en horas nos arroja **6.65** hrs/turno, tomando en cuenta que estas horas se distribuyen entre los 15 operadores, de modo que en promedio cada uno de ellos tiene **0.443** hrs de ocio en su turno de trabajo.

Sabiendo que el salario por hora de los operadores es de RD \$52.80, obtenemos el costo de las horas perdidas por ocio:

Hrs de ocio/turno	Diario	Mensual
6.65	\$ 351.04	\$ 8,365.27

Tabla 16. Costo tiempo de ocio actual estilo QL

## Pérdidas por reparación de averías

Una vez observada la cantidad de scrap generado debido a roturas por máquinas ribeteadoras debemos considerar cuál es el tiempo empleado para reparar dichas averías. Para obtener este resultado hemos tomado la cantidad de polos ensamblados en la primera máquina por medio de un contador digital que ésta posee y comparamos este número con la cantidad de polos empacados a final de turno. Si comparamos el input en la FTB con la cantidad de polos empacados, la diferencia resultaría en los polos en proceso o WIP más los polos desperdiciados por avería.

En la tabla 17, mostramos la data obtenida en el mes de septiembre, para finalmente ver qué cantidad de polos averiados tenemos cada día en promedio:

Mes	Fecha	Ensamble FTB	Reporte de empaque	WIP para próximo turno	Scrap
<b>Septiembre</b>					
<i>Monday</i>	<i>9/2/2019</i>	2,850	2,262	218	370
<i>Tuesday</i>	<i>9/3/2019</i>	2,153	1,512	180	461
<i>Wednesday</i>	<i>9/4/2019</i>	2,897	1,904	668	325
<i>Thursday</i>	<i>9/5/2019</i>	2,875	2,492	55	328
<i>Friday</i>	<i>9/6/2019</i>	2,268	2,060	6	202
<i>Monday</i>	<i>9/9/2019</i>	2,541	1820	353	368
<i>Tuesday</i>	<i>9/10/2019</i>	3,074	2460	334	280
<i>Wednesday</i>	<i>9/11/2019</i>	3,252	1,960	864	428
<i>Thursday</i>	<i>9/12/2019</i>	3,194	2,532	318	344
<i>Friday</i>	<i>9/13/2019</i>	2,642	2,160	280	202
<i>Monday</i>	<i>9/16/2019</i>	2,135	1808	42	285
<i>Tuesday</i>	<i>9/17/2019</i>	2,420	2000	67	353
<i>Wednesday</i>	<i>9/18/2019</i>	3,000	2,511	180	309
<i>Thursday</i>	<i>9/19/2019</i>	2,920	2,088	542	290
<i>Friday</i>	<i>9/20/2019</i>	2,302	1,660	328	314
<i>Monday</i>	<i>9/23/2019</i>	3,677	2,460	716	501
<i>Tuesday</i>	<i>9/24/2019</i>				
<i>Wednesday</i>	<i>9/25/2019</i>	2,394	1,500	579	315
<i>Thursday</i>	<i>9/26/2019</i>	2,650	1,820	449	381
<i>Friday</i>	<i>9/27/2019</i>	2,460	1,758	352	350
<i>Monday</i>	<i>9/30/2019</i>	2,793	2168	227	398

<b>Promedio diario</b>	340 uds
------------------------	---------

Tabla 17. Promedio de pérdidas por reparación de averías

Una vez obtenido el promedio de averías por turno, debemos considerar que la rotura en los plásticos conlleva a desmantelar completamente el breaker, tarea realizada por el operador de rework, para reintegrar los materiales al flujo e iniciar el proceso de ensamble desde cero de estos polos averiados.

Es por esto que hemos considerado el tiempo de reparación de las averías idéntico al tiempo de ensamble en el flujo normal, de modo que si en un turno completo (418.325 mins) la celda tiene la capacidad de producir y empaquetar 2167 polos, los 340 polos descartados por averías son reparados en 65.63 mins.

$$\text{Tiempo de reparación} = \frac{340 \text{ uds} \times 418.325 \text{ mins}}{2167 \text{ uds}} = 65.634 \text{ mins} \approx 1.094 \text{ hr}$$

El tiempo para reparar las averías diarias en promedio es de 1.094 hrs y considerando que las reparaciones no se realizan en horas extra, calculamos el costo por reparar estas unidades.

$$\text{Costo diario por reparación de averías} = 1.094 \text{ hrs} \times 52.80 \times 18 = \$ 1,039.74$$

$$\text{Costo mensual por reparación de averías} = \$ 1,039.74 \times 23.83 = \$ 24,776.9$$

## **CAPITULO VI PROPUESTA**

### **6.1 Introducción**

Este capítulo abarca lo que queremos lograr con nuestra propuesta, las metodologías, sugerencias y análisis que nos han llevado a deducir cuales son aquellas potenciales alternativas para lograr eliminar o, en su defecto, mitigar y controlar las problemáticas abordadas en este proyecto. Mostraremos los objetivos de la propuesta y los medios para lograrla; así como también los efectos y cambios significativos que se obtendrían con respecto a la situación actual.

### **6.2 Propuesta de balanceo**

Como hemos mencionado anteriormente, existe un desbalance en la celda que es la causa principal que impide lograr nuestro objetivo principal “incremento de la productividad de la celda”. A raíz de esto proponemos las siguientes medidas para lograr un mejor balance de la celda de ensamble:

#### **6.2.1 Propuesta de nueva máquina 1era Rivet**

La 1ra rivet es una máquina automática que será reemplazada por una semi automática de menor tamaño (ver tabla comparativa en anexos), el espacio restante será destinado a la nueva operación de colocar los rivets manualmente antes de introducir las piezas en la máquina.

A pesar de tener una nueva operación, se obtienen más beneficios debido a que esta máquina tiene fixtures poka-yoke en los que no ocurren roturas ni atascamiento por rivets, evitando las pérdidas por scrap y paradas por mantenimiento. Además, con la introducción de esta máquina se elimina el almacenamiento temporal ubicado en la estación.

En la tabla 18, mostramos un cuadro comparativo entre las dos máquinas con todas sus especificaciones:

	Rivet Actual	Rivet Propuesta
<b>Tipo</b>	Automática	Semiautomática
<b>Dimensiones</b>	57.40x52.25 pulg	22.96 x 20.90 pulg
<b>Consumo energético</b>	92 kW/mes	63 kW/mes
<b>Porcentaje de roturas</b>	14.39%	0.84%
<b>Downtime mensual</b>	460 mins	38 mins

Tabla 18. Comparación 1era Rivet actual y propuesta

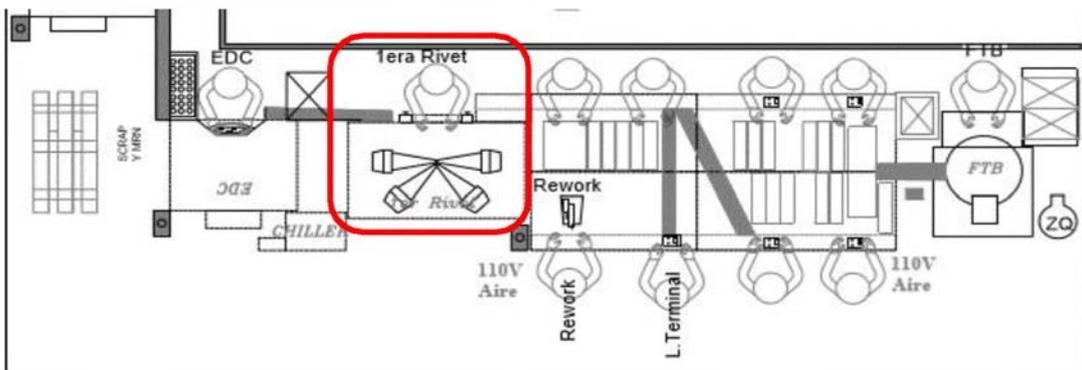


Fig. 12. Máquina 1era Rivet actual

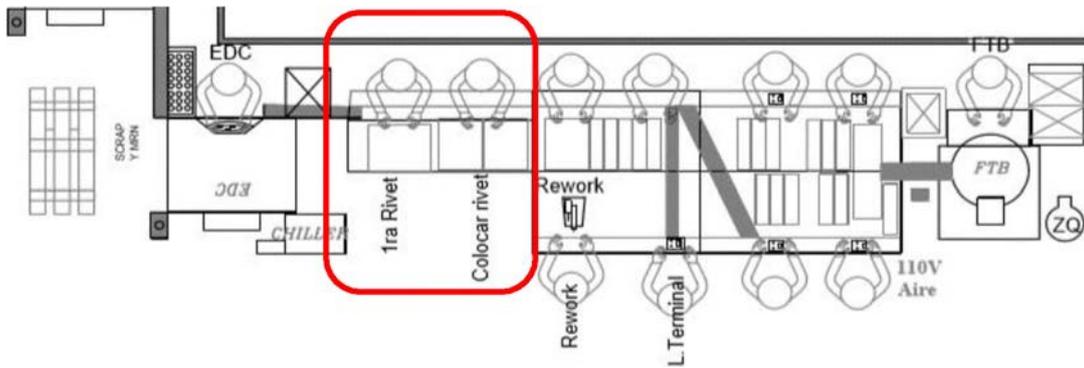


Fig. 13. Máquina 1era Rivet propuesta

Para la introducción de esta máquina es necesario actualizar el JSA (Job Safety Analysis) y formulario de TPM diario (Mantenimiento Preventivo total), ambos en la sección de anexos. Estos documentos indican al operador cuales acciones debe realizar diariamente antes de operar

la máquina, y cuáles son los niveles de riesgo a los que se encuentra expuesto. También muestra los EPP adecuados para la máquina, que en este caso siguen siendo los mismos que en la máquina anterior: guantes de nylon y nitrilo, lentes protectores y tapones auditivos.

Algunos de los beneficios al cambiar esta máquina son:

- Reducción del ruido de la estación de 92.8 Db a 83.3 Db
- Mejora del aspecto visual de la estación (5S)
- Reducción del tiempo de operación en un 11%.
- Mejora de la ergonomía de la estación con el espacio necesario y apoya pies estándares
- Reducción del scrap por roturas de un 82% (Ver sección 6.3.1)
- Reducción del downtime por intervenciones de mantenimiento de un 97% (Ver tabla de downtime en anexos).
- Seguimiento de los polos trabajados por hora, turno y también un histórico del día anterior a través de un display.

### **6.2.2 Funcionamiento óptimo de 2da Rivet**

La máquina 2da rivet actualmente no trabaja según su diseño debido a que los rivets son colocados de forma manual y no por la misma máquina. Nuestra propuesta de mejora para esta máquina es la de adaptar el tambor giratorio que fue removido de la misma por mal funcionamiento y volver a realizar el proceso de forma automática, mientras los brazos mecánicos colocan los rivets y no el operador de la máquina.

El tiempo de colocación de rivet por el operador implica el 40% del tiempo de la operación completa (11.58 segs), como vemos en la tabla siguiente:

<b>Colocar Rivet manual (Segs)</b>
4.64
5.24
3.98
4.91
3.83
5.62
4.79
<b>Promedio</b>
4.72

Tabla 19. Toma de tiempos propuesta colocar rivet

Es por esto que recomendamos que la máquina vuelva a funcionar bajo su diseño, y que el operador sólo deba colocar el breaker y presionar los botones para accionar la máquina. Para esto es necesario reinstalar el tambor de la máquina que no es más que el contenedor donde son almacenados los remaches, este hace movimientos circulares para llevarlos hacia los brazos mecánicos de la máquina.

Una vez instalado el tambor, tendríamos un nuevo tiempo de operación de 6.86 segs, es decir obtendríamos una reducción del tiempo a un 40.7%. Este contenedor tiene capacidad para 1200 rivets y puede llenarse por el operador mismo a través de una abertura en la parte trasera de la máquina, lo que es muy importante para no afectar al downtime de máquinas en espera de un técnico de mantenimiento. Considerando que tendríamos que llenar el tambor de 2 a 3 veces por turno, esta tarea debería ser realizada por los técnicos en horas de receso de la celda.

<b>2da Rivet actual</b>	<b>Colocar Rivet manual</b>	<b>2da Rivet propuesta</b>
11.58 segs	4.72 segs	6.86 segs

Tabla 20. Tiempo de operación colocar rivet manual

### **6.2.3 Propuesta de máquina de sellado**

Debido a que la operación de sellado representa una operación cuello de botella, hemos analizado el proceso y determinado que la causa raíz es el tiempo de secado que conlleva el silicón empleado.

Para esta operación hemos optado por realizar un cambio de herramienta para aplicar el silicón, de una jeringa móvil a una pequeña máquina de silicón caliente. Esta es una mejor forma de aplicarlo ya que cuanto más alta sea la temperatura menos denso o viscoso se torna el silicón y, en consecuencia, más rápido es el secado. Con esta nueva implementación lograríamos una disminución de un 37.5%, obteniendo un tiempo de aplicación de 2.15 segs y secado de 4.24 segs.

Otra razón por la que tarda más el proceso es que la jeringa dispensa silicón al pulso del operador y una cantidad desmedida puede causar desperdicios y prolongar el tiempo de secado, mientras que la nueva máquina es regulada a la cantidad y velocidad necesaria para aplicar el producto.

#### **Beneficios**

- Permite ahorros usando la dispensación intermitente.
- Tiempos de ciclo rápidos y rendimiento superior a alta velocidad.
- Mayor fuerza de apertura / cierre de aire promueve un corte agudo, más limpio.
- Virtualmente elimina la obstrucción de la boquilla, minimizando el tiempo de inactividad y mantenimiento.
  - Reduce el uso de energía hasta un 38% y mejora la seguridad al minimizar la exposición a superficies calientes.
  - Mayor vida útil de cualquier aplicador neumático en industria del embalaje; reduce la frecuencia de reemplazo y el costo.

## Equipos de Protección Personal

Para la documentación del JSA (Job Safety Analysis) es necesario actualizar los EPP correspondientes al operador y cambiar los guantes de nylon recubiertos con nitrilo por guantes resistentes al calor, para eliminar riesgos por altas temperaturas. Los guantes propuestos tienen revestimiento de palma de HPPE, poliestireno de alto rendimiento.

### 6.2.4 Propuesta de redistribución de tareas

**Prueba de Common Trip:** El tiempo estándar de realización de esta operación es de 7.79 segs. Considerando que ésta es una prueba mecánica que requiere de esfuerzo para mover los interruptores del breaker, debe de ser llevada a cabo por un operador masculino ya que éstos tienen más agilidad y fuerza en sus movimientos.

Reemplazamos a la operadora titular por un operador masculino, y tomamos las siguientes muestras de tiempo:

Common trip
6.68
6.71
6.67
6.74
6.73
6.65
6.55
6.68

Tabla 21. Toma de tiempos propuesta common trip

Además de obtener mejores resultados en la realización de la tarea, notamos que para el operador no era necesario realizar la prueba más de una vez, como ocurría con la antigua operadora y los niveles de fatiga para el nuevo operador eran muy bajos.

Por medio de esta modificación, hemos obtenido un nuevo tiempo para esta operación de 6.67 segs, estaríamos hablando de una disminución de tiempo en esta operación de un 14.37%.

**Empaque:** El tiempo estándar de realización de esta operación es de 8.26 segs. Entre sus distintas tareas, hemos decidido reasignar la prueba de shock out a la operación de “segunda final” cuyo tiempo es actualmente de 3.4 segs (inferior al tiempo promedio ideal por operación que es de 6.28 segs).

En nuestra propuesta, la operación de empaque se realizaría en 5.45 segs y la segunda final en 6.21 segs.

**Primera final:** El tiempo estándar de esta operación es de 8.25 segs. Entre sus distintas tareas, optamos por reasignar la adhesión de un sello a la operación de “colocación de labels”. De este modo, la operación de colocar labels aumenta a 6.55 segs y reduciríamos el tiempo de la primera final a 6.95 segs, es decir un 15.7%.

Luego de la reducción de transporte y rebalanceo de la celda hemos llegado a la conclusión que los tiempos de ocio disminuirían en un 51%.

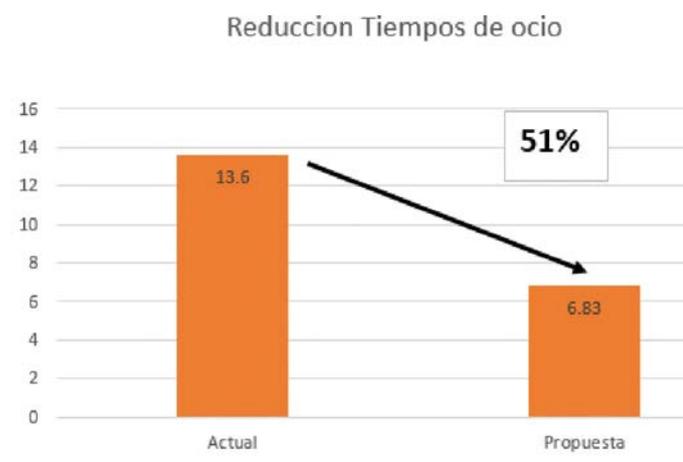


Tabla 22. Reducción porcentual tiempos ocio

### Diagrama de operaciones de situación futura para estilos QC

A continuación, presentamos el diagrama de actividades propuesto de QC, luego de haber aplicada nuestra propuesta:

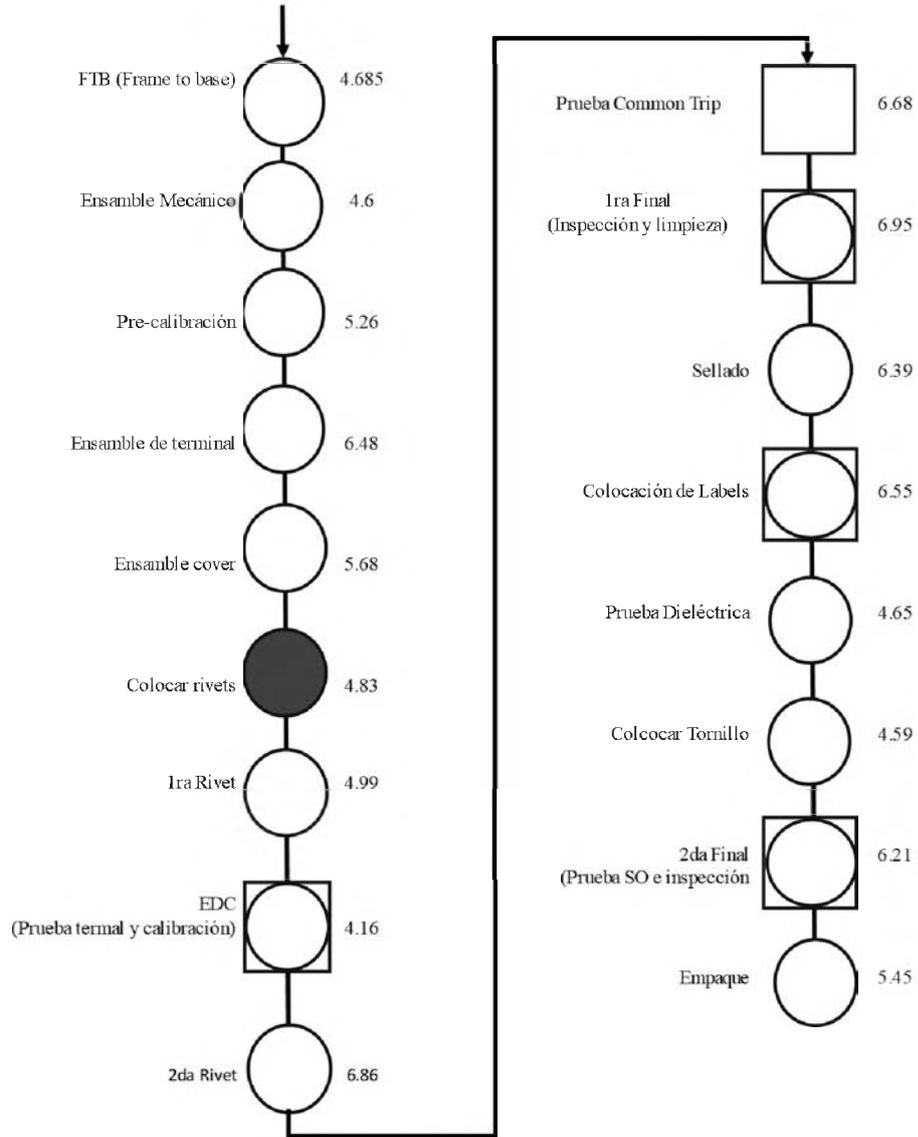


Fig 14. Diagrama de operaciones QC propuesta

## Diagrama de operaciones de situación futura para estilos QL

A continuación, presentamos el diagrama de actividades propuesto de QC, luego de haber aplicada nuestra propuesta:

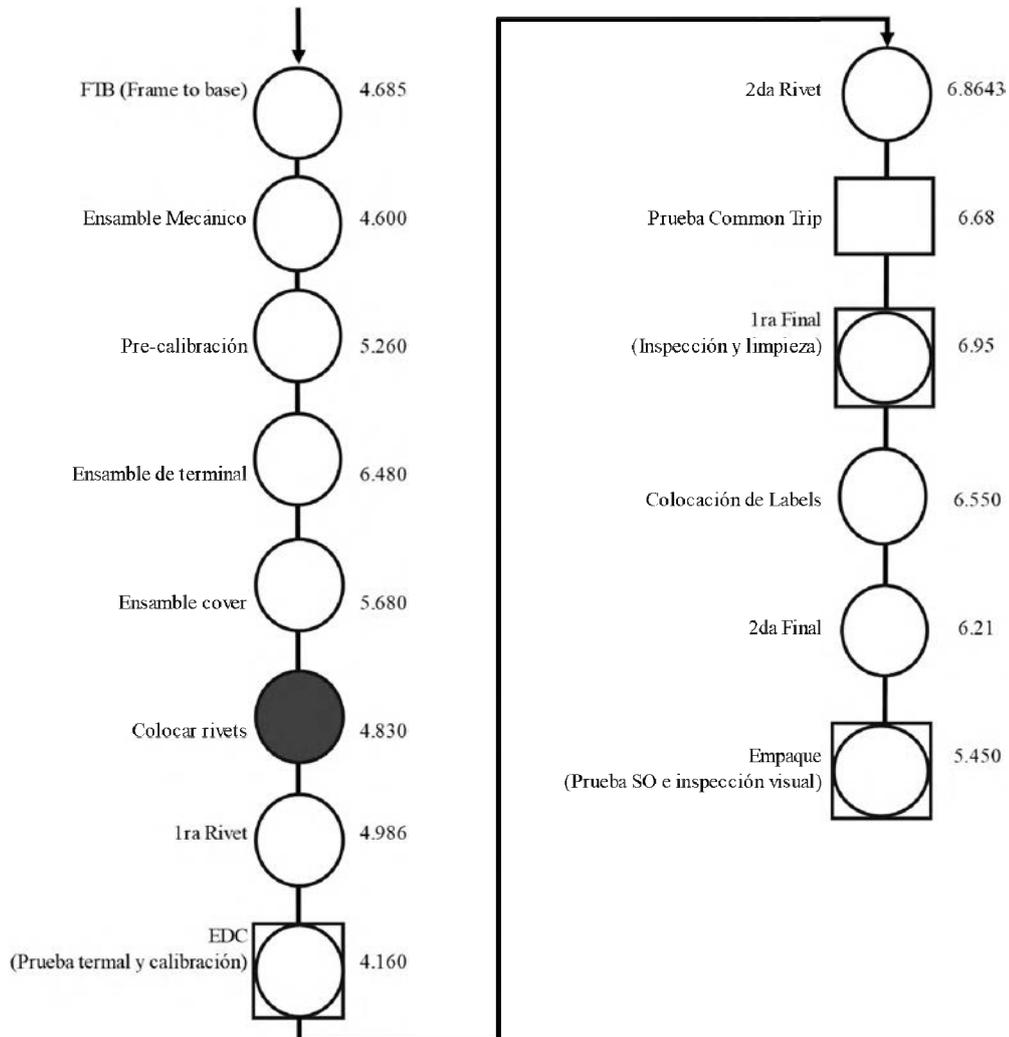


Fig 15. Diagrama de operaciones QC propuesta

### 6.2.5 Eliminación de almacenes temporales

Al disminuir el WIP entre operaciones (Ver tabla en anexos) logramos eliminar de la celda algunos almacenes temporales que eran necesarios para retener los breakers acumulados por desbalance entre operaciones. Estos almacenes pueden ser un taburete metálico o contenedor ocupando un espacio en nuestra distribución o layout.

Los espacios liberados se encuentran en la distribución de celda a continuación, además de una breve reseña de las causas de estos y cómo serán eliminadas de raíz. En la figura 16, se identifican los almacenes a remover con nuestra propuesta.

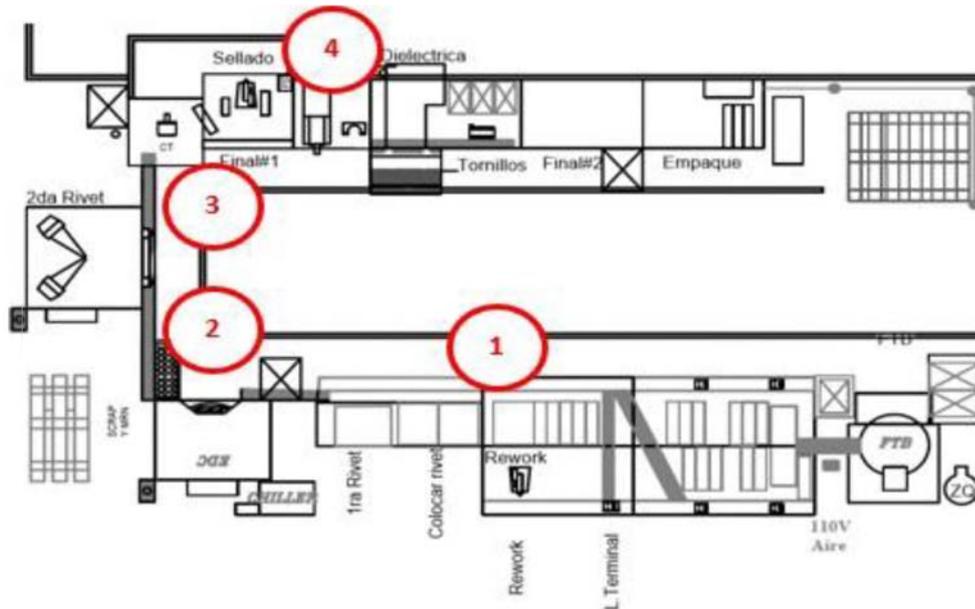


Fig. 16. Almacenes temporales liberados en propuesta

### **6.3 Disminución de Scrap o Desperdicios**

La generación de Scrap afecta en gran medida la productividad y eficiencia de la celda, es por ellos que hemos propuesto las siguientes mejoras:

1-La 1ra Rivet sufre paradas por intervenciones técnicas lo que genera cúmulo en la estación, con la introducción de la nueva máquina el WIP disminuye.

2-Los rivets son colocados manualmente lo que hace que el tiempo de operación sea mayor, una vez reparado el tambor de la máquina la misma colocará los rivets automáticamente.

3-Realizamos una reasignación de tareas donde colocar un sello pasa a otro operador y así disminuimos el tiempo de realización de esta operación y por ende el WIP.

4-El tiempo de secado del silicón es muy prolongado por lo que decidimos cambiar tanto la herramienta para aplicarlo como el mismo silicón de forma que se optimice el proceso.

### 6.3.1 Reducción de averías

Una vez introducida la nueva máquina ‘’1ra Rivet’’, se espera que las averías por roturas disminuyan considerablemente. El porcentaje de roturas de la nueva máquina fue observado en un prototipo instalado en la celda de QL, por medio del benchmarking pudimos notar las características de esta máquina que convienen a nuestro tipo de producto debido a que ésta es una máquina flexible.

Las demás causas de retrabajo en los breakers se deben a material ‘‘MRN’’ o no conforme desde el proveedor, el cual incluye burbujas en plásticos, deformidades del moldeo o falta de partes. Estos desperdicios representan el 5% del scrap. Por último, los interruptores borrosos desde el departamento de impresión, esta causa representa el 3% del scrap.

Las tablas 22 y 23 presentan el nivel de avería actual, en comparación con el propuesto y a su vez la mejora porcentual de las mismas:

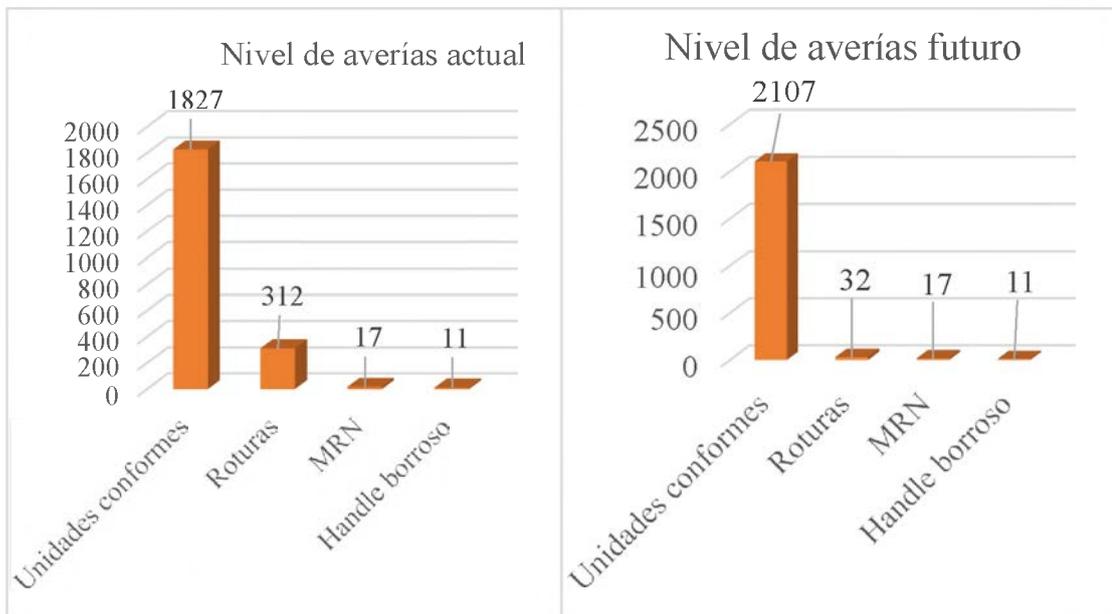


Tabla 23. Nivel de averías actual

Tabla 24. Nivel de averías propuesto.

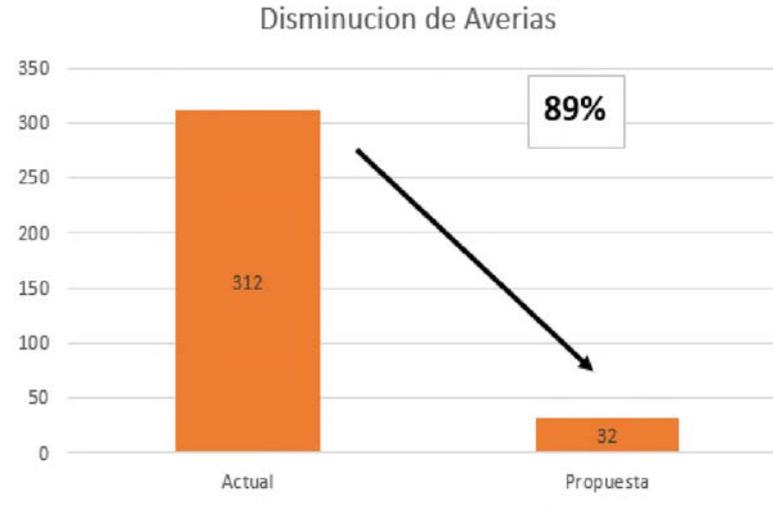


Tabla 25. Disminución porcentual de averías

Como vemos en la tabla 24, si el nivel de roturas disminuye en un 80%, el scrap diario pasaría de 312 a 32 uds, es decir, una reducción de 89% del scrap generado en la celda, que a su vez representa menos retrabajo por averías y desperdicio de materiales.

Con la esta nueva cantidad de unidades averiadas y la capacidad propuesta para esta celda luego de el balanceo (Ver sección 6.4), podemos generar el cálculo del tiempo invertido en reparación de piezas.

$$\text{Tiempo de reparación} = \frac{32 \text{ uds} \times 418.325 \text{ mins}}{3806.15 \text{ uds}} = 3.51 \text{ mins} \approx 0.0586 \text{ hrs}$$

El tiempo para reparar las averías diarias en promedio es de 0.0586 hrs y, considerando que las reparaciones no se realizan en horas extra, calculamos el costo por reparar estas unidades:

$$\text{Costo diario por reparación de averías} = 0.0586 \text{ hrs} \times 52.80 \times 19 = \$ 58.787$$

$$\text{Costo mensual por reparación de averías} = \$ 58.787 \times 23.83 = \$ 1,400.90$$

### 6.3.2 Disminución de los tiempos de ocio

Una vez realizado el balanceo en la realización de las tareas, es notorio que aún existe una oportunidad en el tiempo de transporte del trabajo en proceso para los catálogos QL. Luego de la operación de colocación de labels, las operaciones sucesoras no son necesarias en los catálogos de QL (sellado, prueba dieléctrica y colocación de tornillos) por ende, el breaker debe recorrer una distancia mayor para llegar a la siguiente operación que es la 2da final. Esta situación causa que los operarios tengan que trasladarse de su estación o hacer empujes para llevar el breaker a la siguiente operación.

Es por esto que hemos decidido reubicar un conveyor en el tramo deshabilitado para los estilos QL que, mientras se produzcan estilos QC, estará fuera de funcionamiento y sirva de soporte para brazos debido a que se instalaría al mismo nivel de la mesa de ensamble.

Una vez instalado el conveyor, el tiempo de transporte del breaker disminuye considerablemente y los operadores no se verán forzados a moverse de su estación para trasladarlo, lo cual constituye un riesgo ergonómico.

Debajo se ilustra la reubicación del conveyor que se encuentra actualmente en la celda fuera de servicio.

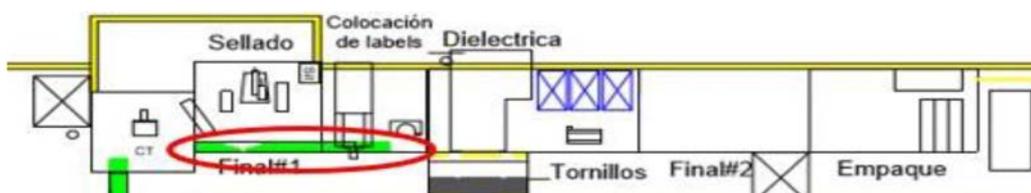


Fig. 17. Posición de conveyor actual

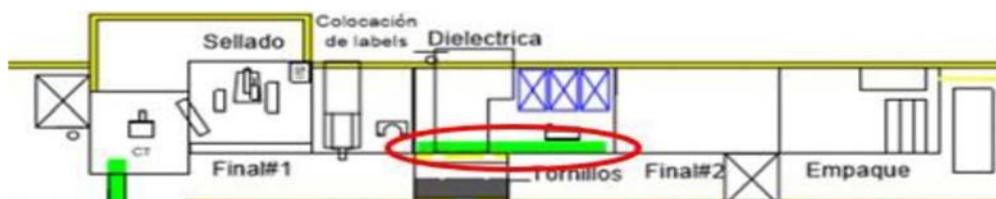


Fig. 18. Posición de conveyor propuesta

### 6.3.3 Disminución de change overs

Una vez obtenida la demanda de los estilos más solicitados por el cliente podemos establecer los periodos necesarios para suplir dicha demanda y evitar realizar cambios por set up repentinos en la celda, como ocurre en la actualidad, donde se realiza un cambio diariamente.

Para cumplir con la demanda de estos estilos en una semana, se requieren de 3.5 días produciendo el estilo BAB3020H y 1.5 días con el estilo QC2020H. Esta distribución será proyectada a los demás estilos producidos en la celda, velando porque sólo se generen dos change overs de manera semanal: jueves y sábados (día no productivo de la celda en que los mecánicos dan mantenimiento a las máquinas, por ende, no afecta el downtime).

A continuación, mostramos la planificación de realización de Change Over semanalmente:

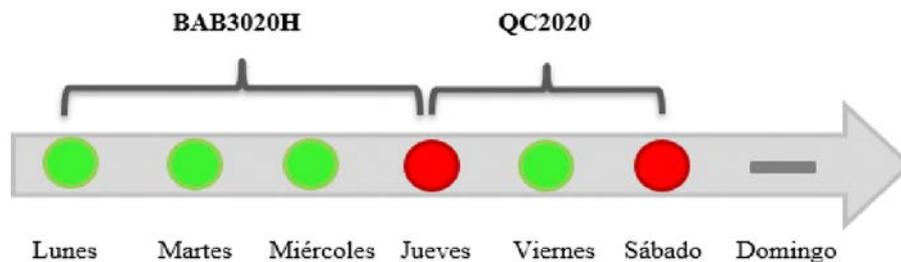


Fig. 19. Periodos de Change Overs propuesta

Una vez implementada la mejora, reduciríamos los change overs de 5 a 1 por semana, lo cual equivale a RD \$3,801.6 y una disminución del downtime por set up de un 80%. Esta reducción nos proporciona una hora diaria de disponibilidad para aumentar nuestro output y al equipo de mantenimiento posibilidad de atender otras situaciones del área de negocio

Esta propuesta va orientada también a mantener la celda produciendo la misma familia por un período más largo y evitar las mezclas de materiales e información para no comprometer la calidad del producto. Este factor es indispensable para mantener el área organizada y establecer estándares de producción. Debemos tener en cuenta que las tareas de segregación de materiales, identificación y todas las actividades orientadas a las 5S's, se tornan más complejas para los operarios cuando tenemos varios catálogos para procesar en la misma semana.

En la tabla siguiente, mostramos la reducción porcentual aplicada nuestra propuesta:

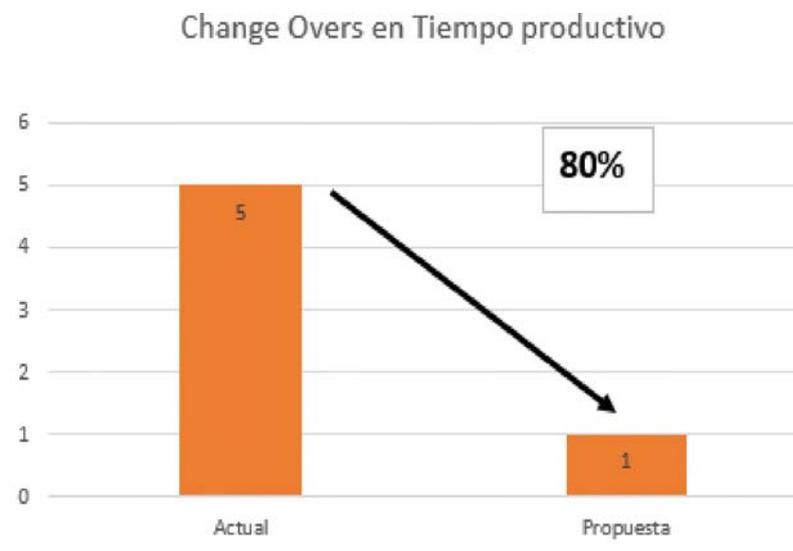


Tabla 26. Reducción porcentual Change Overs

### 6.3.4 Reducción de WIP por estación

En las tablas 26 y 27, mostramos la comparación entre el WIP acumulado actual y aplicada nuestra propuesta de ambos estilos, QC y QL:

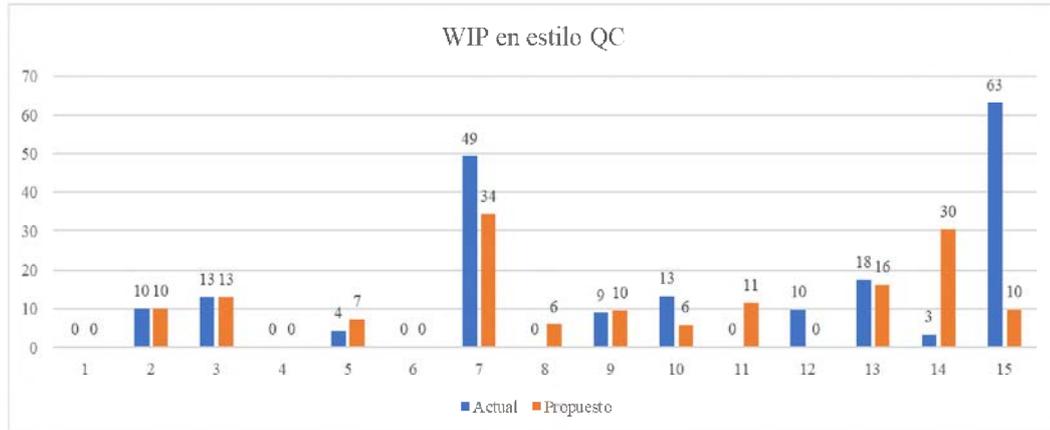


Tabla 27. WIP estilo QC

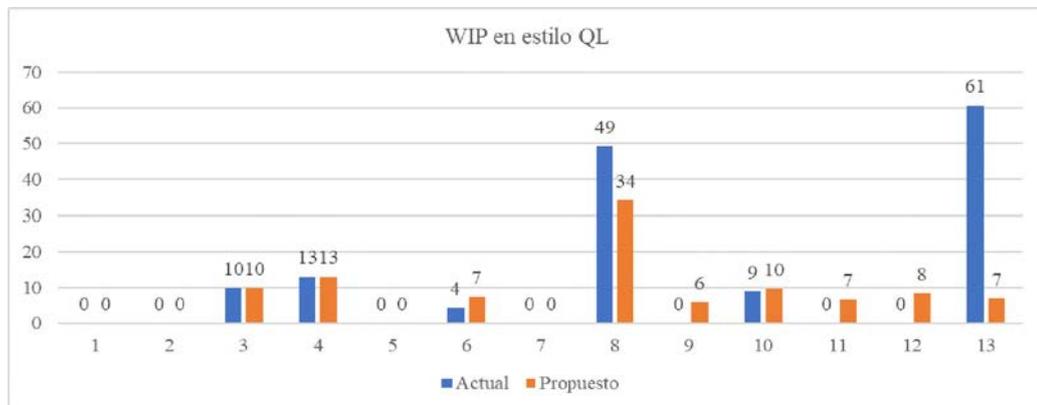


Tabla 28. WIP estilo QL

### 6.4 Mapa de Cadena de Valor propuesta

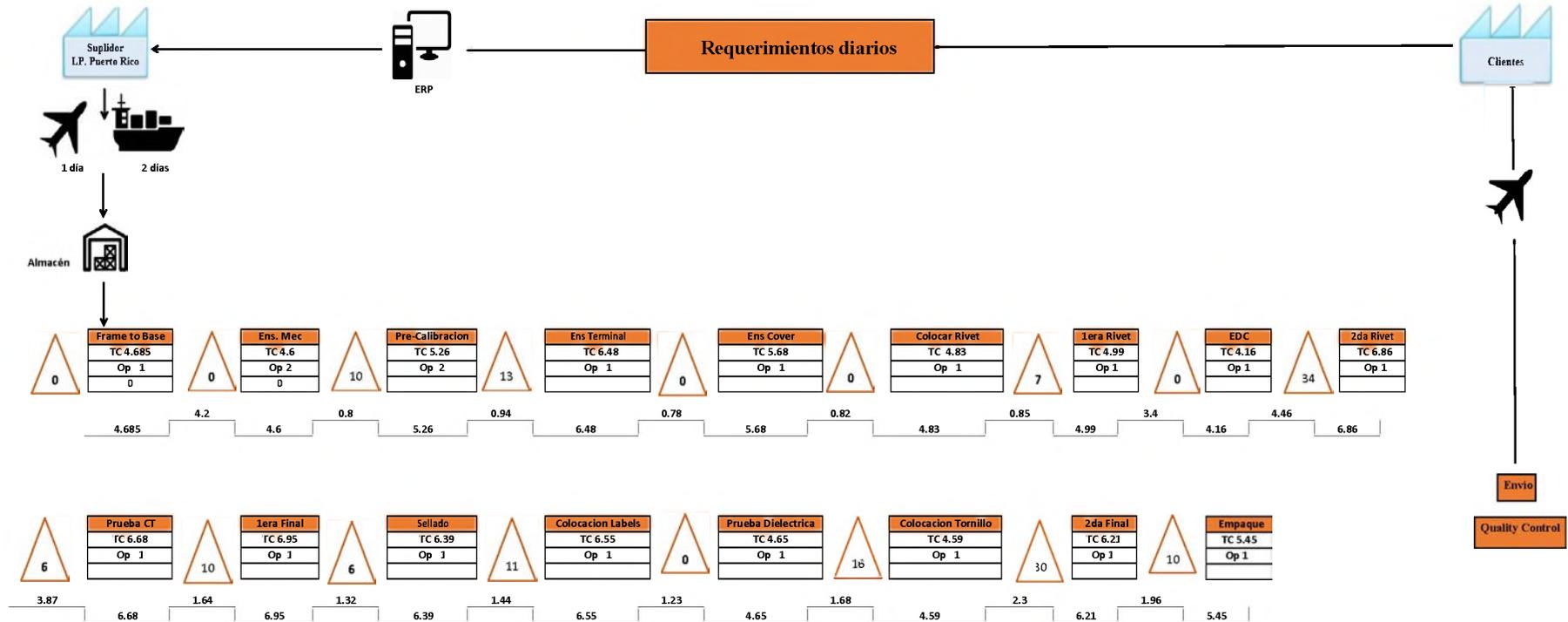


Fig. 20. Mapa de Cadena de Valor Propuesta QC

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamblaje QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

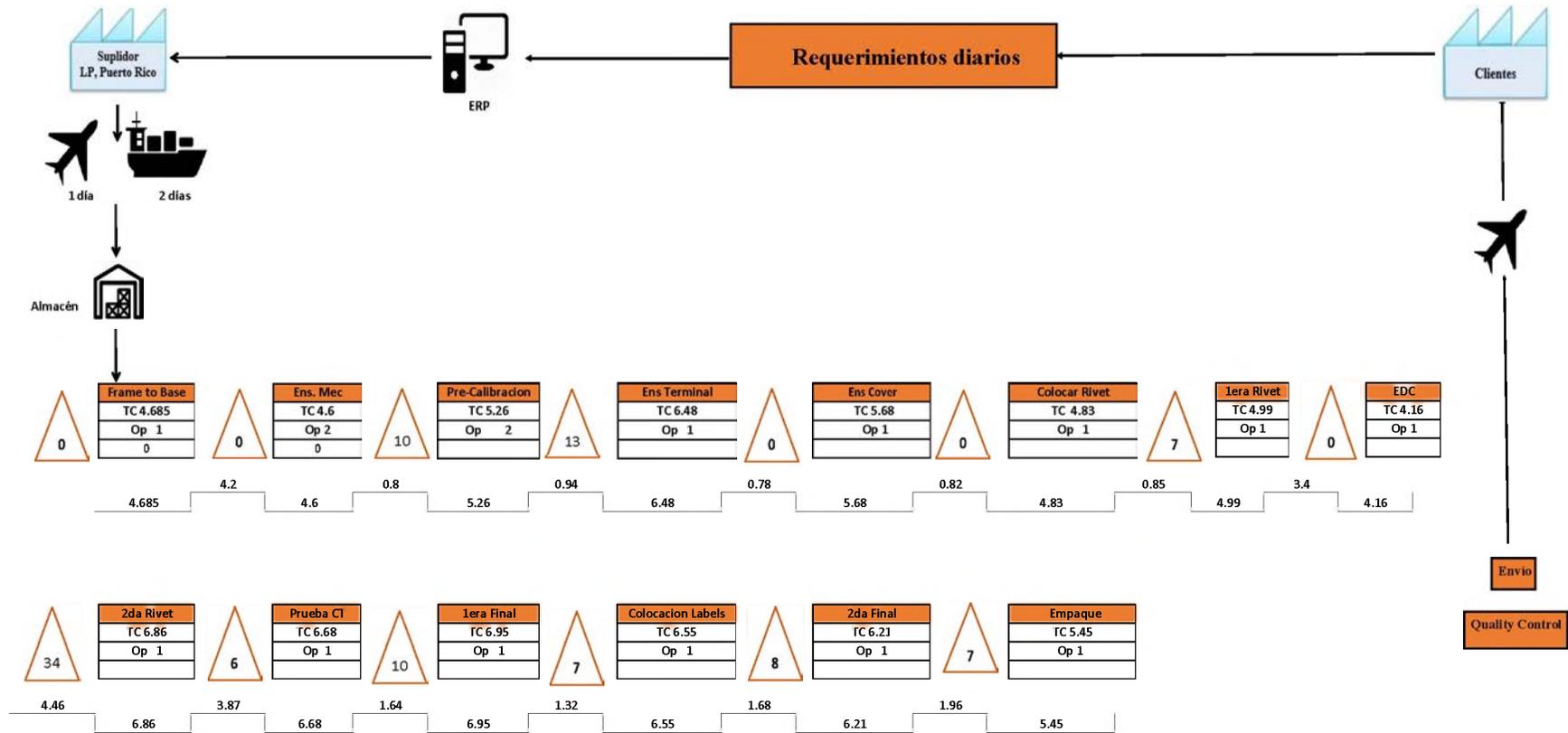


Fig. 21. Mapa de Cadena de Valor Propuesta QL

## 6.5 Recalculo Eficiencia

A continuación, mostramos los resultados con las operaciones y el tiempo estándar de cada operación, luego del balanceo de celda:

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	Operadores
1	FTB (Frame to base)	4.685	1
2	Ensamble Mecánico	4.6	2
3	Pre-calibración	5.26	2
4	Ensamble de terminal	6.48	1
5	Ensamble cover	5.68	1
6	Colocar rivets	4.83	1
7	1ra Rivet	4.99	1
8	EDC	4.16	1
9	2da Rivet	6.86	1
10	Prueba Common Trip	6.68	1
11	1ra Final	6.95	1
12	Sellado	6.39	1
13	Colocación de Labels	6.55	1
14	Prueba Dieléctrica	4.65	1
15	Colocar Tornillo	4.59	1
16	2da Final	6.21	1
17	Empaque	5.45	1
	Tiempo total (Segs)	95.015	
	Tiempo total (Mins)	1.584	

Tabla 29. Tiempo estándar por operaciones QC propuesto

1	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	Operadores
1	FTB (Frame to base)	4.685	1
2	Ensamble Mecánico	4.6	2
3	Pre-calibración	5.26	2
4	Ensamble de terminal	6.48	1
5	Ensamble cover	5.68	1
6	Colocar Rivets	4.83	1
7	1ra Rivet	4.99	1
8	EDC	4.16	1
9	2da Rivet	6.68	1
10	Prueba Common Trip	6.68	1
11	1ra Final	6.95	1
12	Colocación de Labels	6.55	1
13	2da Final	6.21	1
14	Empaque	5.45	1
	Tiempo total (Segs)	79.205	
	Tiempo total (Mins)	1.320	

Tabla 30. Tiempo estándar por operaciones QL propuesto

Nuestro nuevo tiempo productivo sería 418.416 y realizaríamos la primera unidad en 1.323, por lo que obtendríamos una nueva capacidad de 3806.15. Luego de estos cambios generados y tomando en cuenta que tenemos una demanda promedio diaria de 3355 unidades para QC y 4116 unidades a producir de QL, nuestra nueva eficiencia a partir de la capacidad mencionada sería de 113% para QC y 92.47% para QL, estaríamos hablando de un incremento de la eficiencia de la celda de un 57% para celda QC y 28.07 % para QL. Los datos se muestran en la tabla 30.

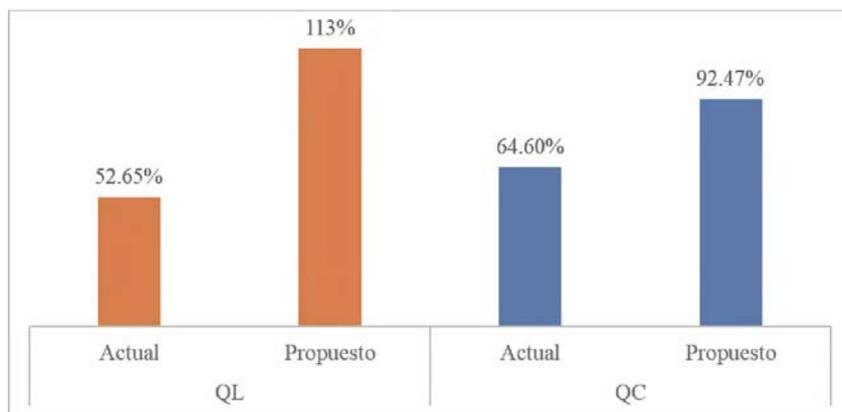


Tabla 31. Aumento porcentual de eficiencia para QC y QL

Una vez implementadas las nuevas maquinarias de lugar, y la redistribución de las tareas, obtendríamos un mejor aprovechamiento de cada uno de los recursos que permiten llevar a cabo las operaciones diarias ya que disminuiríamos los tiempos de ocio por medio del balanceo de la celda y también la materia prima, pues que estaríamos reduciendo significativamente la generación de desperdicios.

Si obtenemos la nueva productividad de la celda, esta sería la siguiente:

$$Productividad\ Propuesta = \frac{3806.15\ uds}{418.325\ mins} = 9.098\ uds/min$$

## **CAPITULO VII. ANALISIS ECONOMICO**

### **7.1 Estudio económico**

En esta etapa del proyecto nos dedicamos a desglosar cada uno de los elementos que constituyen una inversión para así realizar el análisis comparativo con los beneficios obtenidos en pesos dominicanos y dólares, según aplique. Todos los elementos listados a continuación representan la inversión de la propuesta, por lo que, los demás costos de consumo eléctrico, material gastable, herramientas de producción y mano de obra serán considerados como constantes en el tiempo debido a que no serán modificados.

A través del desarrollo de nuestra propuesta mencionamos las acciones requeridas para que nuestra celda de manufactura pueda producir con un mayor rendimiento, dentro de estos están:

#### **Sustitución de máquina 1ra Rivet**

Los componentes de la máquina se encuentran listados en la sección de anexos con sus respectivos precios unitarios, arrojando un costo de US \$12,175.85.

Los nuevos costos de operación incluyen los siguientes factores:

<b>1ra Rivet</b>	
Costo de fabricación	\$12,175.85
Costo de instalación	\$185
Costo operario adicional	\$207
Entrenamientos	\$115.18
Costos energéticos	\$211
<b>Mantenimiento estimado</b>	\$95
Preventivos	\$35
Correctivos	\$40
MRO	\$20
<b>TOTAL</b>	<b>\$13,084</b>

Tabla 32. Costos de operación rivet propuesta

### Reparación de máquina 2da Rivet

Consiste en desmontar el tambor giratorio de la máquina, trasladarlo al taller y realizar ajustes mecánicos para evitar atascamientos.

El costo de reparación estimado es de US \$455. Los nuevos costos de operación incluyen los siguientes factores:

2da Rivet	
Costo reparación tambor	\$455
Costo de instalación	\$38
Costos energéticos	\$286
<b>Mantenimiento estimado</b>	\$95
Preventivos	\$35
Correctivos	\$40
MRO	\$20
<b>TOTAL</b>	\$969

Tabla 33. Costos de operación 2da rivet propuesta

### Introducción de máquina selladora

Esta propuesta consiste en la compra de una máquina totalmente nueva con un costo estimado de US \$775 con todos sus accesorios incluidos.

Los nuevos costos de operación incluyen los siguientes factores:

Selladora	
Costo inicial	\$775
Costo de instalación	\$80
Costos energéticos	\$42
Silicón	\$90
Reinstalación de Conveyor	\$120
Entrenamientos	\$60
EPP	\$7
<b>Mantenimiento estimado</b>	\$80
Preventivos	\$25
Correctivos	\$35
MRO	\$20
<b>TOTAL</b>	\$1,334

Tabla 34. Costos de operación máquina de sellado propuesta

Al obtener el costo de introducción de estas máquinas, tenemos un monto total de US \$15,387 equivalente a RD \$810,255 para la inversión de nuestra propuesta. En el siguiente apartado presentamos los ahorros monetarios (RD \$) que representan esta inversión por concepto de disminución de tiempo improductivo, averías y aprovechamiento de la mano de obra.

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

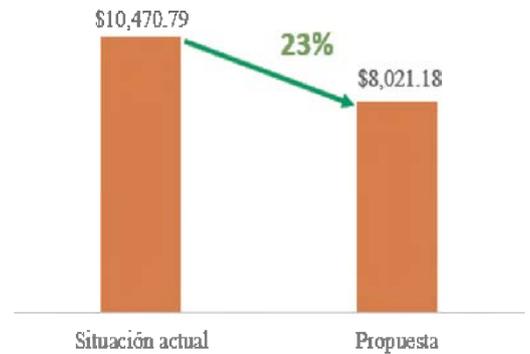
Situación actual	
<b>Costos por reparación de averías Ira Rivet</b>	
Costo diario por reparación de averías \$ 1,039.74	
Costo mensual por reparación de averías = \$ 24,776.95	

Propuesta	
<b>Costos por reparación de averías Ira Rivet</b>	
Costo diario por reparación de averías = \$ 58.787	
Costo mensual por reparación de averías = \$ 1,400.90	



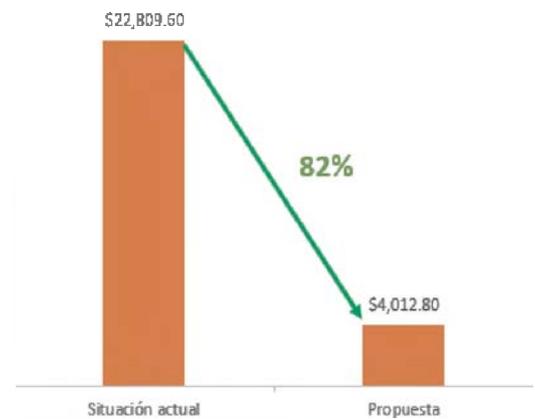
Situación actual		
<b>Costos por tiempos de ocio- Actual</b>		
Hrs de ocio x Operador	Costo Diario	Costo Mensual
8.322	\$ 439.40	\$ 10,470.79

Propuesta		
<b>Costos por tiempos de ocio- Propuesta</b>		
Hrs de ocio x Operador	Costo Diario	Costo Mensual
6.375	\$ 336.60	\$ 8,021.18



Situación actual	
Tiempo del changeover (hrs)	1
Hrs/h a la semana	6
Hrs/h al mes	24
Costo por Hrs/h al mes	\$22,809.60

Propuesta	
Tiempo del changeover (hrs)	1
Hrs/h a la semana	1
Hrs/h al mes	4
Costo por Hrs/h al mes	\$4,012.80



Situación actual			
Producto	Capacidad (uds)	Precio unitario (US \$)	Ganancia/ turno
QC2020	2167	\$42	\$91,014
BAB3020H	2167	\$60	\$130,020

Propuesta			
Producto	Capacidad (uds)	Precio unitario (\$US)	Ganancia/ turno
QC2020	3806	\$42	\$159,852
BAB3020H	3806	\$60	\$228,360

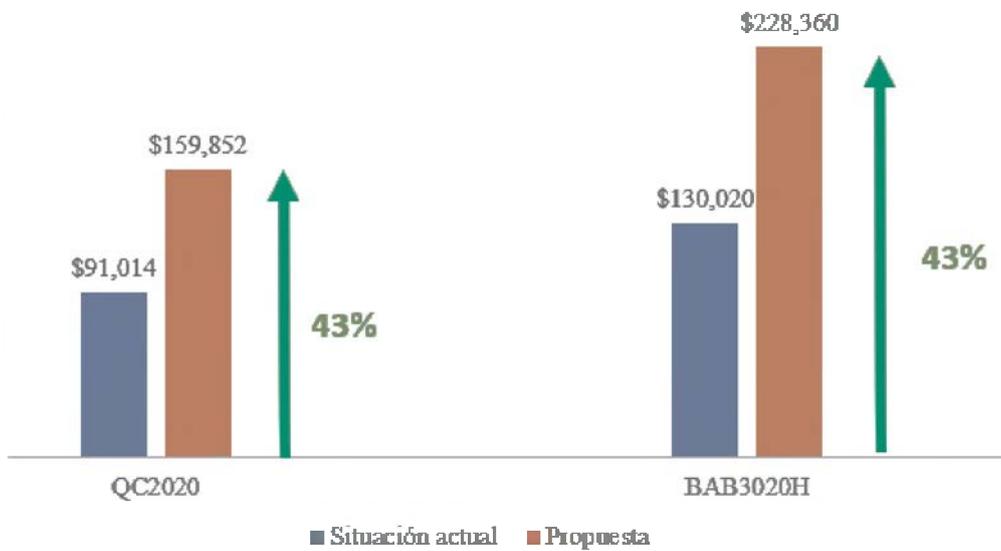


Tabla 35. Aumento porcentual ganancias QC y QL propuesto

### 7.1. Retorno sobre la inversión

Una vez vistos todos los beneficios que traerían consigo la implementación de este proyecto, podemos concluir en que no tan sólo es factible, sino que excede a los resultados esperados.

Luego de realizar el análisis económico, comprobamos que la Tasa Interna de Retorno o TIR, es de 195%, por lo que recibiríamos el monto invertido en un período de 1.6 años o 19 meses (Ver tabla). Considerando que los ingresos por ventas aumentan en un 43% debido a la nueva capacidad instalada de la celda y que con esto cumplimos con las órdenes de los clientes

a tiempo, no sólo estamos asegurando un retorno monetario sino la fidelización de nuestros consumidores.

Para obtener nuestro TIR utilizamos los valores de inversión y ahorros anuales obtenidos con la propuesta (RD\$) los cuales se muestran a continuación:

	Mensual	Anual
<b>Ahorros totales</b>	\$44,622.46	\$535,469.54

Proyectamos cómo dicha inversión es retribuida a través de cada período con los valores monetarios que reflejan un ingreso de flujo y obtuvimos un período estimado de 19 meses para que el flujo de efectivo fuese de valor positivo, indicando así ganancias y saldo de la inversión inicial.

Período (Meses)	Inversión	Propuesta
0	-810255.02	-
1	-	\$(765,632.56)
2	-	\$(721,010.10)
3	-	\$(676,387.63)
4	-	\$(631,765.17)
5	-	\$(587,142.71)
6	-	\$(542,520.25)
7	-	\$(497,897.79)
8	-	\$(453,275.32)
9	-	\$(408,652.86)
10	-	\$(364,030.40)
11	-	\$(319,407.94)
12	-	\$(274,785.48)
13	-	\$(230,163.01)
14	-	\$(185,540.55)
15	-	\$(140,918.09)
16	-	\$(96,295.63)
17	-	\$(51,673.17)
18	-	\$(7,050.70)
19	-	\$ 37,571.76
20	-	\$ 82,194.22
21	-	\$ 126,816.68
22	-	\$ 171,439.14
23	-	\$ 216,061.61
24	-	\$ 260,684.07

Período (años)	Inversión	Propuesta
0	-810255.02	-
1	-	\$ (274,785.48)
2	-	\$ 260,684.07
3	-	\$ 796,153.61
4	-	\$1,331,623.16
5	-	\$1,867,092.70
6	-	\$2,402,562.24
7	-	\$2,938,031.79
8	-	\$3,473,501.33
9	-	\$4,008,970.88
10	-	\$4,544,440.42
11	-	\$5,079,909.96
12	-	\$5,615,379.51

Tabla 36. Calculo ROI

## **7.2 Rentabilidad del Proyecto**

Luego de realizar el análisis económico, comprobamos que la Tasa Interna de Retorno o TIR, es de 195%, por lo que recibiríamos el monto invertido en un período de 1.6 años o 19 meses. Considerando que los ingresos por ventas aumentan en un 43% debido a la nueva capacidad instalada de la celda y que con esto cumplimos con las órdenes de los clientes a tiempo, no sólo estamos asegurando un retorno monetario sino la fidelización de nuestros consumidores.

## **Conclusión**

A lo largo del desenvolvimiento de este proyecto hemos podido notar que la celda de ensamble de breakers QC, tiene muchas oportunidades de mejora, ya que posee un sinnúmero de fallas, tanto técnicas como operacionales que no le permiten ser lo suficientemente productiva.

Por medio de procedimientos y análisis, pudimos detectar cuales eran aquellas fallas que afectan a la celda y estas a su vez a la productividad y eficiencia de la misma. Notamos que uno de los mayores problemas que presenta es la disminución de tiempo productivo luego de volver la celda flexible, lo que atrajo set ups y change overs sin previa organización, que se proyectan como pérdidas de tiempo productivo además del desbalanceo de la celda, ya que existe significativa diferencia entre los tiempos de una operación y otra, lo que trae como consecuencia generación de tiempos de ocio y acumulación de trabajo en proceso o también conocido como wip. Concluimos que la mayor cantidad de pérdidas se encontraba en la generación de scrap por roturas cuya cifra era de U\$ 2,387.58.

Nuestra propuesta plantea en primer lugar un balance de la celda, que permitirá aumentar la eficiencia de un 54.60% a 113% para QC y de 52.65% a 92.47% para QL Para esto necesitamos identificar las causas de los detractores de la productividad de la celda de ensamble. Esto fue realizado por medio análisis de toma de tiempos, diagramas de Pareto y espina de pescado.

Del mismo modo pudimos concluir que para obtener una mejora significativa debíamos atacar las operaciones que nos generaban mayores cúmulos de trabajo en proceso y tiempos de ocio, la operación de la máquina 1era Rivet, la cual a su vez es la mayor generadora de scrap por rotura. En nuestra propuesta logramos reducir las pérdidas por roturas en un 89%.

En otro ámbito esta la operación de la máquina 2da rivet, la cual era una máquina que no se utilizaba al 100 % de su capacidad, logramos deducir que por medio de adaptación del tambor giratorio que fue removido de la misma por mal funcionamiento y volviendo a realizar el proceso de forma automática lograríamos reducir un 40.7 % del tiempo de esta operación.

Luego analizamos la operación de sellado y nos dimos cuenta de que el modo de operar de la misma era muy deficiente por realizarse de forma manual. Optamos introducir al proceso una pequeña máquina estacionaria de silicón caliente. Esta es una mejor forma de aplicarlo ya que cuanto más alta sea la temperatura menos denso o viscoso se torna el silicón y, en consecuencia, más rápido es el secado. Con esta nueva implementación lograríamos una disminución de un 37.5% del tiempo estándar.

También mencionamos en nuestra propuesta la realización de 2 change overs por semana en lugar de uno diario. Los días a realizarse serían los jueves y sábados (día no productivo de la celda en que los mecánicos dan mantenimiento a las máquinas, por ende, no afecta el downtime), y con esto logramos reducir el downtime de la celda por change over en un 80%.

Uno de nuestros objetivos específicos es la reducción de los tiempos de ocio por esto decidimos una redistribución de las tareas, la cual nos permitió reducir los tiempos de ocio en 58%.

A lo largo del proyecto atacamos aquellas debilidades mencionadas, cumpliendo con cada uno de los objetivos específicos planteados, que a su vez nos permiten lograr nuestro objetivo general: Incremento de la productividad de celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura.

## **Recomendaciones**

Nuestra recomendación inicial es la implementación de este proyecto, ya que en el mismo se abordan mejoras que no solo han comprobado ser factibles, sino que también contribuyen con el aumento de la productividad y eficiencia de la celda. Es necesario mencionar que es conveniente dar un seguimiento a la propuesta planteada en este proyecto, ya que, si no, se torna difícil asegurar que cada una de las vertientes analizadas supongan una variación significativa.

También evaluar sistemática y periódicamente cada una de las operaciones llevadas a cabo en la celda de ensamble, esto con la finalidad de permanecer siempre a la vanguardia tecnológica, con búsqueda en la optimización de las operaciones. Utilizar los medios y herramientas necesarias que permitan al colaborador o al departamento de ingeniería tomar las mejores decisiones en cuanto a reestructuración o desenvolvimiento de la celda, enfocándose en la mejora continua.

Recomendamos utilizar a su máximo nivel de productividad cada uno de los recursos que se tengan a la mano, los recursos económicos, materiales, maquinarias y personal o mano de obra, para así poder un mejor desempeño y eficiencia de la celda.

Por último, un recurso preciado e invaluable es el tiempo, demostramos que por medio de la reducción de tiempos de ocio se obtendría una mayor productividad y eficiencia de la celda de ensamble y esto a su vez, mejoras económicas para la empresa.

## **Referencias**

Schroeder R. G., Administración de operaciones, México, McGraw Hill, 2011

Fabricky W.J, Torgensen P. E., Operaciones Económicas – México, Prentice Hall, 1966

Toro Alvarez, F. Desempeño y Productividad., Cincel, 1990

Meyers & Stephens F. E., Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, Pearson 3era Edición, 2006

Imai, M. Kaizen: la clave de la ventaja competitiva japonesa, México, Editorial Continental, 2001

Eaton Corp. Molded case circuit breakers. Obtenido de Electrical and industrial power solution Eaton, 2018

Lagoy A. E., Domingo J. F., Ingeniería Industrial: Métodos y tiempos, Colombia, Alfaomega, 2015

Chiavenato I., Introducción a la Teoría General de la Administración, México, Séptima Edición McGraw Hill, 2006

Pulliam Phillips, P., & Phillips, J. J. Return on Investment (ROI) Basics. Association for Talent Development, 2006

Idalberto, American Society for Training and Development., McGraw-Hill Interamericana, 2004

Fernando Veras Smith. Diagramas de flujo. 1995

Kaouru Ishikawa. Qué es el control de la calidad. 1988

Fernando Burgos Vivas, Ingeniería de Métodos, Calidad y Productividad. 1999

Rother, M., & Shook, J. Observar Para Crear Valor. Brookline, MA, United States of America: Lean Enterprise Institute. (1999)

Deming W. E. Calidad, productividad y competitividad. (1989)

Gitlow H. S. y Gitlow S. J., Como mejorar la calidad y productividad con el método de Deming (1989)

## **Índice de figuras**

Fig. 1 Distribución Planta QC	35
Fig. 2 Distribución Planta QL	35
Fig. 3. Diagrama de Flujo. Operaciones en común para QC y QL	38
Fig. 4. Diagrama de flujo. Continuidad del proceso para QC y QL	38
Fig. 5. Diagrama de operaciones QC	39
Fig. 6. Diagrama de Operaciones QL	40
Fig. 7. Causas potenciales del WIP en la celda	43
Fig. 8. Mapa de Cadena de Valor Actual QC	45
Fig. 9. Mapa de Cadena de Valor Actual QL	46
Fig. 10. Potenciales causas de la baja productividad	50
Fig. 11. Potenciales causas de generación en Máquina Primera Rivet	53
Fig. 12. Máquina 1era Rivet actual	62
Fig. 13. Máquina 1era Rivet propuesta	62
Fig. 14. Diagrama de operaciones QC propuesta...	68
Fig. 15. Diagrama de operaciones QC propuesta	69
Fig. 16. Almacenes temporales liberados en propuesta	70
Fig. 17. Posición de conveyor actual	74
Fig. 18. Posición de conveyor propuesta	74
Fig. 19. Periodos de Change Overs propuesta	75
Fig. 20. Mapa de Cadena de Valor Propuesta QC	78
Fig. 21. Mapa de Cadena de Valor Propuesta QL	78

## Índice de Tablas

Tabla 1. Toma de tiempos	37
Tabla 2. Demanda BAB3020H y QC2020	41
Tabla 3. Tendencia de demanda BAB3020H	42
Tabla 4. Tendencia de demanda QC2020	42
Tabla 5. Cálculo WIP QC	44
Tabla 6. Cálculo WIP QL	44
Tabla 7. Tiempos	47
Tabla 8. Tiempo estándar de operaciones QC	47
Tabla 9. Tiempo estándar actual operaciones QL	48
Tabla 10. Materiales desechados por Scrap en operación de rivet	54
Tabla 11. Pérdidas mensuales por rotura de plásticos y rivets	54
Tabla 12. Costo change overs actuales por mes	55
Tabla 13. Tiempo de ocio actual estilos QC	56
Tabla 14. Costo horas de ocio actual estilos QC	57
Tabla 15. Tiempo de ocio actual estilo QL	57
Tabla 16. Costo tiempo de ocio actual estilo QL	58
Tabla 17. Promedio de pérdidas por reparación de averías	59
Tabla 18. Comparación 1era Rivet actual y propuesta	62
Tabla 19. Toma de tiempos propuesta colocar rivet	64
Tabla 20. Tiempo de operación colocar rivet manual	64
Tabla 21. Toma de tiempos propuesta common trip	66
Tabla 22. Reducción porcentual tiempos ocio	67
Tabla 23. Nivel de averías actual	72
Tabla 24. Nivel de averías propuesto	72
Tabla 25. Disminución porcentual de averías	73
Tabla 26. Reducción porcentual Change Overs	76
Tabla 27. WIP estilo QC	77
Tabla 28. WIP estilo QL	78
Tabla 29. Tiempo estándar por operaciones QC propuesto	79
Tabla 30. Tiempo estándar por operaciones QL propuesto	79
Tabla 31. Aumento porcentual de eficiencia para QC y QL	80
Tabla 32. Costos de operación rivet propuesta	81
Tabla 33. Costos de operación 2da rivet propuesta	82
Tabla 34. Costos de operación máquina de sellado propuesta	82
Tabla 35. Aumento porcentual ganancias QC y QL propuesto	85
Tabla 36. Calculo ROI	86

## Anexos

### Proyección de demanda mensual para estilo BAB3020H

x	y (Demanda histórica)	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	16308	16308	1	265950864
2	15948	31896	4	254338704
3	15147	45441	9	229431609
4	15150	60600	16	229522500
5	14100	70500	25	198810000
6	13200	79200	36	174240000
7	13350	93450	49	178222500
8	13320	106560	64	177422400
9	13518	121662	81	182736324
10	13713	137130	100	188046369
11	13890	152790	121	192932100
12	15240	182880	144	232257600
<b>Total</b>	172884	1098417	650	

Y (Demanda proyectada)	Mes	Año	Corrida QL
15381	Sept	2019	4394.63
15204	Oct	2019	4344.02
15027	Nov	2019	4293.41
14850	Dic	2019	4242.80
14673	Ene	2020	4192.20
14496	Feb	2020	4141.59
14318	Mar	2020	4090.98
14141	Abr	2020	4040.37
13964	May	2020	3989.77
13787	Jun	2020	3939.16
13610	Jul	2020	3888.55
13433	Ago	2020	3837.95

n	12
$\bar{x}$	6.5
$\bar{y}$	14407
a	15558.31818
b	-177.1258741

Promedio Diario
4116

### Proyección de demanda mensual para estilo QC2020

x	y (Demanda histórica)	xy	x <sup>2</sup>	y <sup>2</sup>
1	4592	4592	1	21086464
2	4416	8832	4	19501056
3	4960	14880	9	24601600
4	4180	16720	16	17472400
5	4640	23200	25	21529600
6	5200	31200	36	27040000
7	5290	37030	49	27984100
8	5654	45232	64	31967716
9	5626	50634	81	31651876
10	5556	55560	100	30869136
11	5462	60082	121	29833444
12	4822	57864	144	23251684
<b>Total</b>	60398	405826	650	

Y (Demanda proyectada)	Mes	Año	Corrida QC
4524	Sept	2019	3015.98
4617	Oct	2019	3077.70
4709	Nov	2019	3139.42
4802	Dic	2019	3201.14
4894	Ene	2020	3262.86
4987	Feb	2020	3324.58
5079	Mar	2020	3386.30
5172	Abr	2020	3448.02
5265	May	2020	3509.75
5357	Jun	2020	3571.47
5450	Jul	2020	3633.19
5542	Ago	2020	3694.91

n	12
$\bar{x}$	6.5
$\bar{y}$	5033.166667
a	4431.393939
b	92.58041958

Promedio Diario
3355

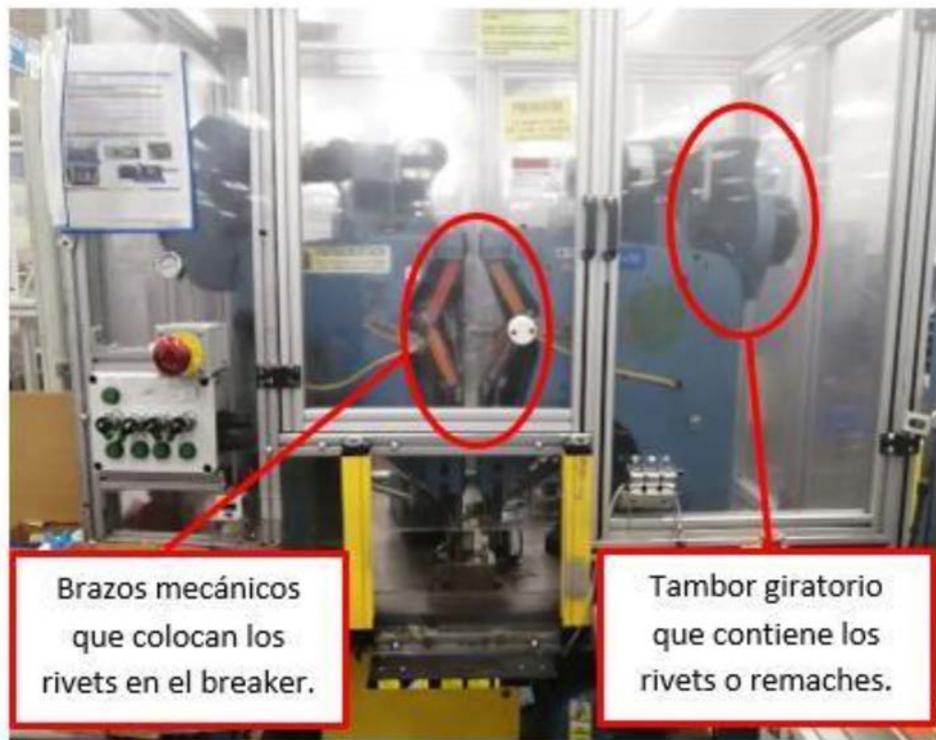
## Nuevo WIP acumulado

### QC

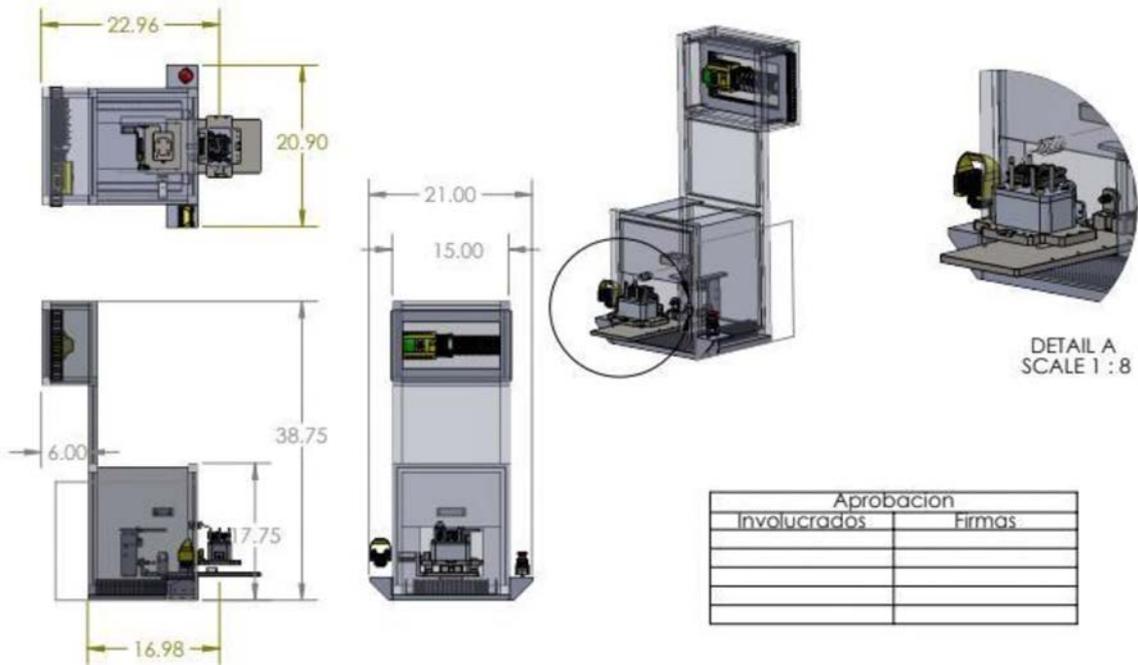
#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	T.E (Mins)	Producido 1	Tiempo Disp/OP x 5 Mins	Producido 2	WIP Acum
1	FTB (Frame to base)	4.685	0.08	64.0	5	64.0	-
2	Ensamble Mecánico	4.6	0.08	65.2	4.9	64.2	0
3	Pre-calibración	5.26	0.09	57.0	4.8	55.3	10
4	Ensamble de terminal	6.48	0.11	46.3	4.8	44.1	13
5	Ensamble cover	5.68	0.09	52.8	4.6	49.1	0
6	Colocar Rivets	4.83	0.08	62.1	4.3	53.4	0
7	1ra Rivet	4.99	0.08	60.1	4.6	54.8	7
8	EDC	4.16	0.07	72.1	4.4	63.3	0
9	2da Rivet	6.86	0.11	43.7	4.3	37.8	34
10	Prueba Common Trip	6.68	0.11	44.9	4.2	37.8	6
11	1ra Final	6.95	0.12	43.2	4.1	35.4	10
12	Sellado	6.39	0.11	46.9	4.0	37.4	6
13	Colocación de Labels	6.55	0.11	45.8	3.9	35.5	11
14	Prueba Dieléctrica	4.65	0.08	64.5	3.8	48.6	0
15	Colocar Tornillo	4.59	0.08	65.4	3.7	48.2	16
16	2da Final	6.21	0.10	48.3	3.6	34.9	30
17	Empaque	5.45	0.09	55.0	3.5	38.6	10

### QL

#	Operaciones	Tiempo estándar (Segs)	T.E (Mins)	Producido 1	Tiempo Disp/OP x 5 Mins	Producido 2	WIP Acum
1	FTB (Frame to base)	4.685	0.08	64.03	5	64.0	-
2	Ensamble Mecánico	4.6	0.08	65.22	4.9	64.2	0
3	Pre-calibración	5.26	0.09	57.03	4.8	55.3	10
4	Ensamble de terminal	6.48	0.11	46.30	4.8	44.1	13
5	Ensamble cover	5.68	0.09	52.82	4.6	49.1	0
6	Colocar Rivets	4.83	0.08	62.11	4.3	53.4	0
7	1ra Rivet	4.99	0.08	60.12	4.6	54.8	7
8	EDC	4.16	0.07	72.12	4.4	63.3	0
9	2da Rivet	6.86	0.11	43.73	4.3	37.8	34
10	Prueba Common Trip	6.68	0.11	44.91	4.2	37.8	6
11	1ra Final	6.95	0.12	43.17	4.1	35.4	10
12	Colocación de Labels	6.55	0.11	45.80	4.0	36.5	7
13	2da Final	6.21	0.10	48.31	3.9	37.4	8
14	Empaque	5.45	0.09	55.05	3.8	41.5	7



Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019



**Lista de componentes para fabricación 1ra Rivet**

DESCRIPTION	QTY Req. by Equipment	UNIT PRICE US\$
E-STOP EMERGENCY PUSH	1	\$ 7.85
Componente	3	\$ 18.09
E-STOP CONTACT BLOCK 2NC	1	\$ 3.81
PORTA FUSIBLE	1	\$ 4.12
SAFETY PLC	1	\$ 397.43
KEY SWITCH	2	\$ 19.16
ENCLOSED 1 HOLE	2	\$ 12.73
FERRULE BLUE 18AWG	2	\$ 0.01
FERRULE RED 18 AWG	2	\$ 0.01
FERRULE GRAY 22 AWG	2	\$ 0.01
Grounding Terminal Block	1	\$ 1.14
BORNERAS AZUL	1	\$ 0.37
BORNERAS GRIS	1	\$ 0.34
BORNERAS ROJA	1	\$ 0.38
BORNERAS NEGRO	1	\$ 0.33
Sensor magnético	1	\$ 17.76
HMI	1	\$ 506.00
Press Schmidt 25-50-3k, serial(0315)	1	\$ 5,015.00
22(7) UL BLUE 50FT	1	\$ 5.91
22(7) UL RED 50 FT	1	\$ 5.91
22(7) UL BLACK 50 FT	1	\$ 5.91
SHOCK ABSORVER	2	\$ 53.56
SHOCK ABSORVER Rigido ½	1	\$ 11.67
SHOCK ABSORVER ¼	1	\$ 4.20
Driver	4	\$ 151.00
Botellas	4	\$ 108.00
ATD	1	\$ 134.40
Cable de ATD	8	\$ 24.15
SOURCE 24V 5 <sup>a</sup>	1	\$ 44.67
Main valve	1	\$ 174.20
Vavula loto	1	\$ 39.46

Propuesta de mejora de la productividad en celda de ensamble QC de dispositivos eléctricos de seguridad para empresa de manufactura en la República Dominicana, 2019

FRL	1	\$ 138.64
Manometro digital	1	\$ 95.92
CILINDRO Bloqueo SMC RSQA16-10D	1	\$ 54.46
RELAY OMRON	1	\$ 36.66
BASE RELAY OMRON	1	\$ 23.02
Riel HGR15R280C-HIWINCORPORATION	2	\$ 54.60
Rodamiento	2	\$ 52.60
FRL GFR300-10, GL300-10, GV300-100, GZ300-10	1	\$ 255.14
BLOCK.PNEUMATIC 152V-18N	1	\$ 32.04
PERFIL 30X30	1	\$ 41.53
Bisagras	4	\$ 11.67
Manubrios	2	\$ 5.74
TUERCA INSERTABLE M6 p/perfil 30	50	\$ 1.34
TORNILLO M6X14MM CABEZA BT p/perfil 30	50	\$ 0.28
Lexan 1/4 Black	1	\$ 112.46
Delrin diam 3/4"x2ft	1	\$ 5.74
Aluminio 1/4"x3"x10ft	1	\$ 55.38
acero diam 2-1/2"x12"	1	\$ 67.25
acero 1"x1"x 2ft	1	\$ 35.60
acero 1/4"x1"x1ft	1	\$ 47.47
acero 1-1/2"x1-1/2"x1ft	1	\$ 65.27
Aluminio 1"x1ftx18"	1	\$ 185.92
Aluminio 2-1/2"x3"x1 ft	1	\$ 94.94
Aluminio 3"x3"x1 ft	1	\$ 81.99
Acero 1"x3"x1ft	1	\$ 64.08
acero 3"x1/4"x1ft	1	\$ 24.86
acero 5/8"x10"x1ft	1	\$ 101.30
acero 1"x1/2"x1ft	1	\$ 65.76
aluminio 2ftx2ft x3/4"	1	\$ 378.80
Lexan 3/8 clear	1	\$ 489.07
Lexan 1/4 Clear	1	\$ 273.71
shock absorber	4	\$ 39.83
Remediación	1	\$ 1,000.00



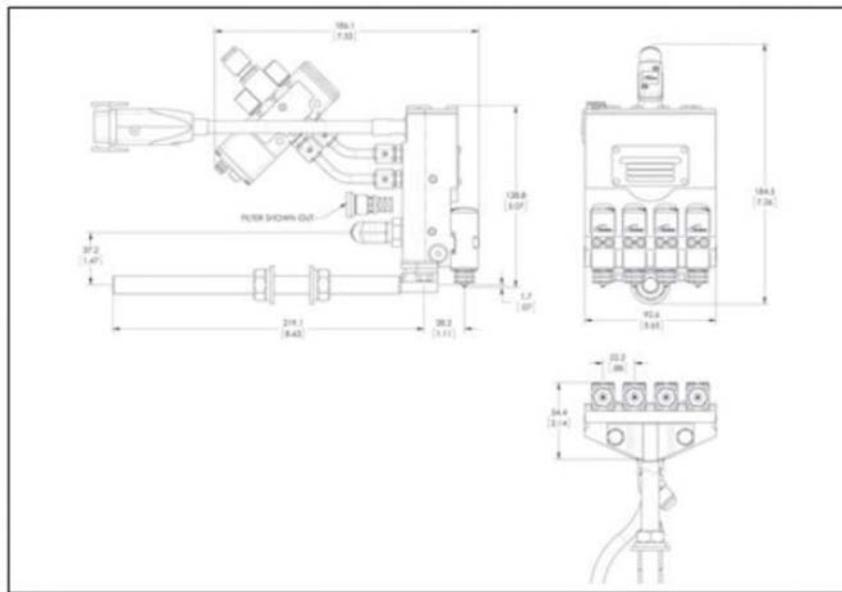
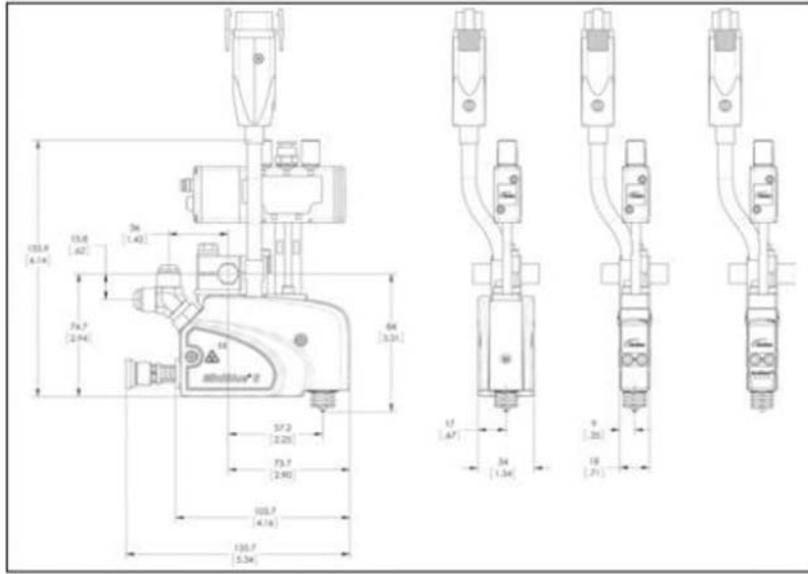
## Instalación de máquina selladora MiniBlue II

Especificaciones	
Temperatura de funcionamiento	205° C (400° F) máximo
Presión de aire de funcionamiento	3.4 a 5.5 bar (50 a 80 psi)
Presión hidráulica de trabajo	103 bar (1500 psi) máximo
Boquillas Saturno estándar	Orificio único (enganches controlados)
Boquillas Cavidad reducida	0.20, 0.30, 0.41, 0.51 mm
Servicio eléctrico	240 VAC, 50/60 Hz;

### Características

- Hay dos tecnologías de módulos intercambiables disponibles para Aplicadores MiniBlue II:
  - Diseño mejorado de bola y asiento (BAS) para un excelente corte en el módulo MiniBlue II BAS
  - Aguja patentada, autolimpiante, integrada y cavidad reducida en el módulo MiniBlue II SureBead
- Ambos tipos de módulos incorporan tecnología patentada de sellado Reflex™ para una vida superior.
- Los módulos MiniBlue II SureBead están disponibles en tamaños que varían de .008 pulg. a .040 pulg. para una máxima flexibilidad de aplicación.
- Los aplicadores MiniBlue II están disponibles en los siguientes formatos:
  - celda delgada compacta de un módulo de bajo consumo.
  - Módulo único y cuerpo estándar configurable
- Las cubiertas aislantes de plástico de alta temperatura de ingeniería son estándar en aplicadores de celda delgada MiniBlue II
- Todos los aplicadores incluyen filtros Saturn®

- Las versiones de lavado con agua también están disponibles



Ranura entre base y cover que representa no conformidad estética para el cliente, por ello se establece la operación de sellado.

Boquilla ajustable al grosor de la ranura que dispensa el silicón a la presión y velocidad deseada.



**Sustitución de guantes de nylon recubiertos con nitrilo por guantes resistentes al calor de HPPE (polietileno de alto rendimiento)**



**Procedimiento de llenado de tambor giratorio para 2da Rivet**



**Cinta transportadora ubicada en área de final**



## Hoja de evaluación

---

Laura Beltre  
Sustentante

---

Rosangel Rodríguez  
Sustentante

---

Luis J. Castro  
Asesor

---

Carlos Leger D.  
Miembro del jurado

---

Víctor de la Cruz  
Miembro del jurado

---

Manuel Santana  
Presidente del jurado

---

Ing. Alexis de Jesús Parra  
Director de la escuela de Ingeniería Industrial

Laura Dislania Beltre  
Calificación numérica \_\_\_\_\_  
Calificación alfabética \_\_\_\_\_

Rosangel Rodríguez  
Calificación numérica \_\_\_\_\_  
Calificación alfabética \_\_\_\_\_

---

Fecha