



Facultad de Ingeniería

Ingeniería Mecánica

Programa Especial de Titulación

**“Adaptación de máquina conformadora y equipos auxiliares para la fabricación de traviesa central de unidades refrigeradoras tipo no-frost en la Empresa Bosch”**

Marvin Jackson Vicente Loyola

para optar el Título Profesional de Ingeniero Mecánico

Asesor: Luis Carlos Castillo Martinez

Lima – Perú

2015

## DEDICATORIA

Primero, dedicarle este proyecto a Dios, ya que es él, quien me ha dado unos padres que con sus ganas de superación día a día, son el ejemplo que guía mi vida e impulsan en mí el deseo de alcanzar todos mis objetivos y superar los obstáculos que se presenten en la vida.

## AGRADECIMIENTO

Gracias a la empresa BOSCH por darme la oportunidad de ser parte de su grupo de trabajo.

Gracias al Ing. Amos Castillo, Jefe del área de Ingeniería Industrial, Mantenimiento y Matricería, por brindarme la confianza y el apoyo, contribuyendo de esta manera en mi crecimiento profesional y humano.

# ÍNDICE

RESUMEN .....	ix
INTRODUCCIÓN.....	x
CAPITULO 1 .....	12
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	12
1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.2. Formulación del problema .....	13
1.2.1. Problema General.....	13
1.2.2. Problemas Específicos .....	13
1.3. Antecedentes del problema .....	13
1.4. Objetivos .....	15
1.4.1. Objetivo general .....	15
1.4.2. Objetivos específicos .....	15
1.5. Justificación e importancia .....	15
1.6. Limitaciones .....	16
CAPÍTULO 2 .....	17
MARCO TEÓRICO .....	17
2.1. Conformado mecánico .....	18
2.2. Proceso de perfilado.....	18
2.2.1. Perfilado por doblado.....	18
2.2.2. Perfilado por extrusión .....	19
2.2.3. Perfilado por rodillos .....	20
2.3. Característica de las máquinas perfiladoras por rodillos .....	22
2.4. Equipos auxiliares en las máquinas perfiladoras por rodillos .....	24
2.5. Funcionamiento de la máquina conformadora DIPER A21130 .....	35
CAPÍTULO 3 .....	42
MARCO METODOLÓGICO .....	42
3.1. Variables.....	43
3.1.1. Variables .....	43
3.2. Metodología .....	43
3.2.1. Tipo de estudio .....	43

3.2.2.	Diseño de investigación .....	43
3.2.3.	Método de investigación .....	43
CAPÍTULO 4	.....	44
METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA	.....	44
4.1.	Alternativas de solución .....	45
4.2.	Solución del problema.....	45
CAPÍTULO 5	.....	47
ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	.....	47
5.1.	Análisis del perfil a fabricar.....	48
5.1.1.	Diseño de nueva traviesa central en Bosch-Perú.....	48
5.1.2.	Diferencias entre traviesa de Bosch-Perú y Bosch-España .....	50
5.2.	Análisis de las modificaciones.....	51
5.2.1.	Determinación de las modificaciones .....	51
5.3.	Detalle de modificaciones .....	51
5.3.1.	Diseño de nueva matriz de pre corte y troquel de interruptor .....	51
5.3.2.	Diseño de la flor de conformado .....	54
5.3.3.	Modificaciones de matrices de estampado .....	58
5.3.4.	Modificaciones de matrices de troquel de agujeros de bisagra.....	60
5.4.	Resultado de las modificaciones.....	62
5.4.1.	Análisis dimensional .....	62
5.4.2.	Prueba de adherencia.....	70
5.4.3.	Prueba de Impacto .....	74
5.4.4.	Resultados de la prueba de adherencia e impacto .....	75
5.5.	Condiciones de operatividad de la máquina.....	78
5.5.1.	Instructivo de operación.....	78
5.5.2.	Instructivo de mantenimiento autónomo.....	81
5.6.	Análisis Económico .....	84
5.6.1	Costo de las modificaciones.....	84
5.6.2	Costo de producción actual .....	85
5.6.3	Costo de producción con la implementación del proyecto.....	85
5.6.4	Ingresos de producción.....	86
5.6.5	Evaluación dela rentabilidad del proyecto.....	86
CONCLUSIONES	.....	88

SUGERENCIAS.....	89
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	90
ANEXOS.....	91

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1. Proceso de doblado (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015).....	18
Figura 2.2. Extrusión directa (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015) .....	19
Figura 2.3. Extrusión indirecta (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015) .....	19
Figura 2.4. Perfiladora de rodillos (Andrade y Landeta, 2010) .....	20
Figura 2.5. Representación del proceso de perfilado mediante rodillos (Araujo, 2006).....	21
Figura 2.6. Flor de conformado de un tubo circular (Araujo, 2006) .....	21
Figura 2.7. Línea de perfilado compleja (Arias, 2004) .....	24
Figura 2.8. Flujo de material en el proceso (Calero y Carta, 1999).....	24
Figura 2.9. Devanadora de dos brazos (Calero y Carta, 1999) .....	25
Figura 2.10. Rodillos enderezadores de chapa (Arias, 2004) .....	26
Figura 2.11. Sistema de guiado preciso (Arias, 2004).....	27
Figura 2.12. Rodillos planos de presión (Calero y Carta, 1999) .....	28
Figura 2.13. Básquet (Arias, 2004).....	29
Figura 2.14. Cabeza de Turco (REVISTATOPE, 2015) .....	31
Figura 2.15. Encoder de vueltas (Arias, 2004) .....	32
Figura 2.16. Guillotina de corte vertical (Arias, 2004) .....	33
Figura 2.17. Guillotina de corte inclinado (Arias, 2004) .....	34
Figura 2.18. Punzonadora (WEEBLY, 2015). .....	35
Figura 2.19. Plano de producto fabricado en BSH-España (Bosch Perú, 2013).....	36
Figura 2.20. Descripción de máquina conformadora (Bosch Perú, 2013).....	37
Figura 2.21. Estación de pre-corte (Bosch Perú, 2013).....	37
Figura 2.22. Corte realizado por la matriz de pre-corte (Bosch Perú, 2013).....	38
Figura 2.23. Rodillos conformadores (Bosch Perú, 2013).....	38
Figura 2.24. Perfil a obtener luego de la estación de rodillos conformadores (Bosch Perú, 2013)..	38
Figura 2.25. Matriz de cizalla (Bosch Perú, 2013).....	39
Figura 2.26. Conjunto de matrices de estampado y doblez (Bosch Perú, 2013).....	39
Figura 2.27. Plano es estampado y doblez (Bosch Perú, 2013) .....	40
Figura 2.28. Estación de troquelado (Bosch Perú, 2013).....	40
Figura 2.29. Detalle de troquelado de agujeros (Bosch Perú, 2013) .....	41
Figura 5.1. Plano de traviesa central modelo 550 de Bosch-España (Bosch Perú, 2013).....	48
Figura 5.2. Plano de traviesa central modelo 600 de Bosch-España (Bosch Perú, 2013).....	49
Figura 5.3. Plano de nueva traviesa central en Bosch-Perú (Bosch Perú, 2013).....	49
Figura 5.4. Pre-corte y troquel de interruptor (Bosch Perú, 2013).....	52
Figura 5.5. Plano de diseño de matriz de pre-corte (Bosch Perú, 2013).....	52
Figura 5.6. Esquema final de la flor de conformado (Bosch Perú, 2013) .....	58
Figura 5.7. Flor de conformado paso a paso (Bosch Perú, 2013).....	58
Figura 5.8. Plano de modificación en matriz de estampado (Bosch Perú, 2013) .....	59
Figura 5.9. Ubicación de punzones de traviesa central Bosch-España (Bosch Perú, 2013).....	60
Figura 5.10. Plano de modificación de matriz de agujero de bisagra (Bosch Perú, 2013).....	61
Figura 5.11. Trazo dejado por la cuchilla (Bosch Perú, 2013) .....	70

Figura 5.12. Trazo perpendicular al anterior (Bosch Perú, 2013) .....	71
Figura 5.13. Limpieza con ayuda de cepillo (Bosch Perú, 2013) .....	71
Figura 5.14. Asegurar una buena adhesión con ayuda de borrador (Bosch Perú, 2013) .....	72
Figura 5.15. Removiendo cinta en ángulo de 180° (Bosch Perú, 2013) .....	72
Figura 5.16. Instructivo de operación, hoja 1/9(Bosch Perú, 2014).....	79
Figura 5.17. Instructivo de operación, hoja 3/9 (Bosch Perú, 2014).....	80

## LISTA DE TABLAS

Tabla 5.1. Diferencias entre traviesa de Bosch Perú y Bosch España (Elaboración propia, 2015) ....	50
Tabla 5.2. RFQ Matriz de Pre-corte y troquel de Interruptor (Bosch Perú, 2013) .....	53
Tabla 5.3. Tabla de cálculo de las longitudes de la flor (Bosch Perú, 2013).....	57
Tabla 5.4.a. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD550 (Bosch Perú, 2014) .....	64
Tabla 5.4.b. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD550 (Bosch Perú, 2014) .....	65
Tabla 5.5.a. Análisis dimensional de ancho del frente MOD550 (Bosch Perú, 2013).....	66
Tabla 5.5.b. Análisis dimensional de ancho del frente MOD550 (Bosch Perú, 2014) .....	67
Tabla 5.6.a. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD600 (Bosch Perú, 2014) .....	68
Tabla 5.6.b. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD600 (Bosch Perú, 2014) .....	69
Tabla 5.7. Nivel de aprobación para prueba de adherencia (Bosch Perú, 2013) .....	72
Tabla 5.8. Cartilla patrón (Bosch Perú, 2013) .....	73
Tabla 5.9. Condiciones de aprobación para prueba de impacto (Bosch Perú, 2013).....	75
Tabla 5.10.a. Informe de prueba de adherencia e impacto (Bosch Perú, 2014) .....	76
Tabla 5.10.b. Informe de prueba de adherencia e impacto (Bosch Perú, 2014).....	77
Tabla 5.11. Programa de limpieza de conformadora DIPER A21130 (Bosch Perú, 2014) .....	82
Tabla 5.12. Programa de lubricación de conformadora DIPER A21130 (Bosch Perú, 2014) .....	83
Tabla 5.13. Costos de modificación (Elaboración propia, 2015) .....	84
Tabla 5.14. Costos de producción actual (Elaboración propia, 2013) .....	85
Tabla 5.15. Costos de producción con implementación del proyecto (Elaboración propia, 2015) ..	85
Tabla 5.16. Ingresos mensuales (Elaboración propia, 2015).....	86
Tabla 5.17. Evaluación de ganancias de producción (Elaboración propia, 2015).....	87

## **RESUMEN**

En el presente informe se describen los pasos realizados para la adaptación de la máquina conformadora de traviesas DIPER A21130. Adaptación que es solicitada por la alta dirección de la empresa con la finalidad de mejorar la productividad, calidad y diseño de la actual “traviesa central” en Bosch-Perú de las unidades refrigeradoras No-Frost.

Primero se revisaron los planos de la traviesa central de Bosch-España, facilitados por el área de Ingeniería de Desarrollo, que fabrica la máquina conformadora y el plano de la nueva traviesa central de Bosch-Perú que se desea obtener. Se reconoció el funcionamiento de la máquina conformadora DIPER A21130 para producir la traviesa central de Bosch-España, con la finalidad de identificar las distintas estaciones de trabajo a modificar. Luego de realizadas las modificaciones y realizadas las pruebas de funcionamiento, se evaluaron los resultados obtenidos a través de análisis de la capacidad del proceso, y se verificó que se cumplen con las especificaciones del plano de diseño. También se realizaron pruebas de adherencia e impacto, en las cuales se verificó la correcta adherencia de la pintura al nuevo sustrato (acero galvanizado)

Para asegurar la operatividad de la máquina conformadora DIPER A21130, se realizó el instructivo de operación, donde se indicó las distintas estaciones, la forma de operar la máquina, el modo de realizar los cambios de modelos, entre otros. Asimismo se realizó el instructivo de mantenimiento autónomo, donde se detallan actividades de limpieza, lubricación, ajustes, verificación de niveles de fluidos, frecuencias del mantenimiento, equipos de protección personal a utilizar, entre otros.

## INTRODUCCIÓN

Existen numerosos procesos mediante los cuales se pueden conformar metales, cada uno de ellos se diferencia de los demás en los resultados que se obtienen, en los costos, tiempos de operación, tipo de materiales que puedan trabajarse y capacidad de repetición.

Un modo de obtener formas determinadas a partir de láminas de metal es el conformado mediante rodillos, en el que se realiza una serie de doblados consecutivos.

La operación de perfilado en frío por rodillos tiene como principio transformar gradual y sucesivamente una lámina de acero en un perfil; este se obtiene haciendo pasar la lámina a través de una serie de pares de rodillos de acero, cada par tiene un perfil distinto y con su movimiento rotativo transforma la lámina y la hace tomar formas distintas en cada paso, a fin de obtener el perfil deseado.

BOSCH-Perú, empresa de metalmecánica dedicada a la fabricación de cocinas, congeladoras y refrigeradoras realiza en sus instalaciones diversos procesos de conformado de metales. Uno de ellos, es el proceso de matrizado, en la cual se realizan procedimientos de corte o deformación de la chapa sin arranque de viruta en uno o varios utillajes llamados matrices o troqueles.

Para el caso de las refrigeradoras, tiene dos sistemas de refrigeración bien diferenciados, estos son la línea No-Frost y la línea Autofrost.

La línea No-Frost, tiene una producción diaria de aproximadamente 300 unidades por día. Esta línea cuenta con tres modelos representativos, los cuales son: Modelo 550, Modelo 600 y Modelo 700, cuya principal diferencia es el ancho del refrigerador.

Uno de los componentes que interviene en el proceso de fabricación de este tipo de refrigeradoras es la denominada “traviesa central”.

Actualmente la fabricación de este componente es de acero laminado en frío (acero LAF) y se realiza en cuatro pasos distintos, tres operaciones de matizado con tiempos de ciclo o de fabricación de 15seg, 20seg y 25seg y un proceso de soldadura con un tiempo de ciclo de 30seg. Este proceso de soldadura deja marcas en la superficie frontal de la traviesa, lo cual es un aspecto no apropiado para la calidad del producto. La traviesa soldada, en lotes de 300 a 400 unidades, pasa a ser transportado hacia un proveedor externo, el cual brinda un servicio de recubrimiento de zinc y a su retorno, en las instalaciones de la empresa, pasa finalmente por el proceso de pintado.

El tiempo de fabricación de este componente es de 90seg/pieza, solo considerando el componente hasta el proceso de soldadura.

La sucursal de la corporación en España ha enviado a Perú la máquina conformadora DIPER A21130, la cual es capaz de producir una traviesa central en 20 segundos, sin embargo, no fabrica el producto que requerimos en Bosch-Perú, por lo cual no podemos aprovechar el potencial de esta máquina. Para lograr esto se deben realizar diversas modificaciones en la conformadora DIPER A21130.

## **CAPITULO 1**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

## **1.1. Planteamiento del problema**

La máquina conformadora DIPER A21130, es capaz de producir una traviesa central en 20 segundos. Sin embargo para su utilización se requiere cumplir con los requerimientos técnicos solicitados por Bosch-Perú. Para cumplir con estos requerimientos se deben realizar diversas modificaciones en la conformadora DIPER A21130.

## **1.2. Formulación del problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Se logrará adaptar la máquina conformadora y sus equipos auxiliares, según lo requerido por la empresa BOSCH Perú?

### **1.2.2. Problemas Específicos**

- a) ¿Qué modificaciones se deberán realizar en los distintos sistemas de la máquina conformadora?
- b) ¿Cómo se realizarán las modificaciones?
- c) ¿Cómo garantizar la operatividad de la máquina, así como la calidad de producto a obtener?

## **1.3. Antecedentes del problema**

Arias (2004), en su tesis “Diseño de una Máquina Perfiladora de Chapa en Frío”, describe: “La primera generación de máquinas perfiladoras en frío fueron construidas comercialmente en 1921. La idea original era deformar láminas de acero en frío. Entre 1930 y 1940 las bobinas de acero se comenzaron a hacer populares, y es cuando empezó a crearse las células de conformado simples que se conocen ahora, basadas en una bobinadora y un sistema de corte. Pero hasta cerca de los años 80 no se ha podido explotar realmente esta técnica. Este avance ha sido debido a la sustancial mejora en los equipos, mayor control sobre la materia prima, la mejor comprensión de la técnica de deformación de chapa y la utilización de la informática para diseñar los perfiles”.

Andrade y Landeta (2010), en su proyecto “Desarrollo del Proceso de Fabricación del Perfil Omega de Acero Galvanizado para la Construcción Liviana”, menciona: “El concepto de conformado en frío comprende todos los métodos de fabricación que permiten deformar plásticamente metales o aleaciones de metales tales como cobre, aluminio o latón, pero sin modificar el volumen, el peso o las propiedades esenciales del material. Durante el conformado en frío la materia prima recibe su nueva forma mediante un proceso que consta de diferentes etapas de deformación. De tal manera se evita que se exceda la capacidad de deformación del material y por lo tanto su rotura”.

Hernández y Pérez (2009), en su tesis “Proyecto y Cálculo de una Perfiladora”, nos indica lo siguiente: “La operación de perfilado tiene como principio transformar gradual y sucesivamente una lámina de acero en un perfil; este se obtiene haciendo pasar la lámina a través de una serie de pares de rodillos de acero, cada par tiene un perfil distinto y con su movimiento rotativo transforma la lámina y la hace tomar formas distintas en cada paso, a fin de obtener el perfil deseado”.

Araujo (2006), en su proyecto “Análisis de las Deformaciones en la Lámina Durante el Proceso de Perfilado Mediante Rodillos”, indica: “Existen numerosos procesos mediante los cuales se pueden conformar metales, cada uno de ellos se diferencia de los demás en los resultados que se obtienen, en los costos, tiempos de operación, tipo de materiales que pueden trabajarse y capacidad de repetición. Un modo de obtener formas determinadas a partir de láminas de metal es el conformado mediante rodillos, en que se realiza una serie de doblados consecutivos. Este proceso en etapas tiene dos grandes ventajas; la primera, en el metal van ocurriendo pequeñas deformaciones de tal manera que se puede evitar el límite de fractura; la segunda, es posible realizar producciones y longitudes que no se obtienen mediante el doblado convencional”.

## **1.4. Objetivos**

### **1.4.1. Objetivo general**

Adaptar la máquina conformadora y sus equipos auxiliares, según requerimiento de BOSCH Perú para fabricar las traviesas centrales de las Unidades refrigeradoras no-frost de modelos 550, 600 y 700.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a) Planificar las modificaciones necesarias en la estación de Pre-Corte, estación de rodillos conformadores, estación de estampado y estación de troquel de agujeros de bisagra y sujeción.
- b) Realizar los planos de modificaciones para el taller de matricería.
- c) Realizar pruebas de funcionamientos de la máquina y control del producto fabricado (operatividad de la máquina, control dimensional, pruebas de adherencia e impacto de la aplicación de pintura y análisis la capacidad de proceso de fabricación de la Traviesa Central No-Frost).

## **1.5. Justificación e importancia**

El tiempo de fabricación de la traviesa central con el proceso actual es de 90 segundos por pieza, mientras que con la implementación de la máquina conformadora es de 20 segundos por pieza. Por lo cual el no implementar esta máquina representaría pérdidas en productividad y pérdidas económicas.

Al implementar la máquina conformadora DIPER A21130, se eliminaría el servicio de recubrimiento se zinc, el cual representa ahorro económico.

El acabado superficial de la traviesa central muestra marcas de la soldadura debido al proceso actual de fabricación (unión de 02 partes), mientras que al implementar la máquina conformadora se descarta el proceso de soldadura, es decir se eliminaría este problema de calidad.

El cambio de modelo demora, con el proceso actual, aproximadamente 30 minutos, mientras que con la implementación de la máquina conformadora el cambio de modelo se reduce a sólo 15 minutos.

#### **1.6. Limitaciones**

- Se desconoce el funcionamiento original de la máquina.
- No se cuenta con planos de diseño de la máquina (Planos de las estaciones de los rodillos conformadores).
- Para los trabajos a realizar se formara un Grupo Multidisciplinario, entre las áreas de Ingeniería Industrial y Matricería, con el soporte de las áreas de Desarrollo del Producto y Calidad del Producto
- La empresa cuenta con un Área de Mantenimiento y Matricería, la cual brindara el soporte para las actividades a realizar.
- La empresa contratará un servicio de tercero para la habilitación de las instalaciones eléctricas y electrónica de la máquina conformadora.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

## 2.1. Conformado mecánico

El conformado mecánico de partes con la aplicación de una fuerza, se considera uno de los procesos más importantes, en términos del valor de la producción y el método de producción. El conformado de partes se puede efectuar con el material en frío (formado en frío) o con el material en caliente (formado en caliente). Las fuerzas utilizadas para formar las partes pueden ser de tipo de flexión, compresión o cizallado y tensión (Andrade y Landeta, 2010).

## 2.2. Proceso de perfilado

Entre los procesos que existen para conformar perfiles de chapa de acero o aluminio se tiene: el plegado o doblado, por extrusión y conformado por rodillos (Andrade y Landeta, 2010).

### 2.2.1. Perfilado por doblado

El doblado de metales es la deformación de láminas alrededor de un determinado ángulo. Los ángulos pueden ser clasificados como abiertos (si son mayores a 90 grados), cerrados (menores a 90°) o rectos. Durante la operación, las fibras externas del material están en tensión, mientras que las interiores están en compresión. El doblado no produce cambios significativos en el espesor de la lámina metálica. En la figura 2.1, se observa el proceso de doblado (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015).

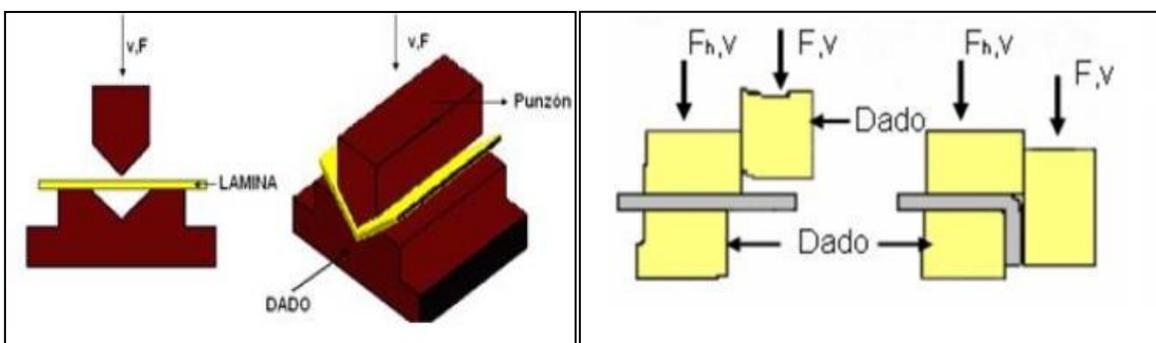


Figura 2.1. Proceso de doblado (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015)

### 2.2.2. Perfilado por extrusión

La extrusión es un proceso por compresión en el cual el metal de trabajo es forzado a fluir a través de la abertura de un dado para darle forma a su sección transversal. Ejemplos de este proceso son secciones huecas, como tubos. Existe el proceso de extrusión directa y extrusión indirecta. Para ambos casos la extrusión en caliente para metales, a alta temperatura. La figura 2.2, muestra el tipo de extrusión directa, mientras que en la figura 2.3, se observa el tipo de extrusión indirecta (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015).

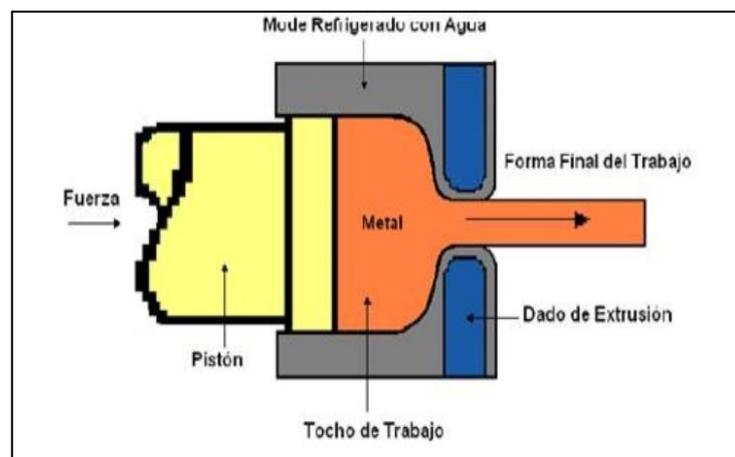


Figura 2.2. Extrusión directa (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015)

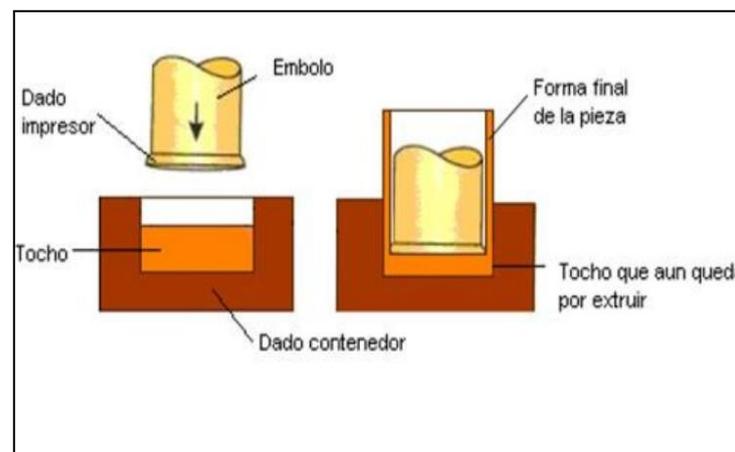


Figura 2.3. Extrusión indirecta (INGENIERIAINDUSTRIALONLINE, 2015)

### 2.2.3. Perfilado por rodillos

El perfilado por rodillos es una técnica industrial de conformación continua del acero a partir de bandas cortadas transversalmente. Este proceso de alta tecnología necesita de un equipo de producción extremadamente avanzado y eficaz. El perfilado consiste de manera esquemática en hacer pasar una banda de acero en medio de rodillos trabajándola de manera a darle una forma continua de perfil, haciéndola pasar por varias etapas. En la figura 2.4, podemos observar una perfiladora por rodillos (Andrade y Landeta, 2010).



Figura 2.4. Perfiladora de rodillos (Andrade y Landeta, 2010)

El proceso de conformado mediante rodillos (o perfilado) es una operación típicamente realizada a temperatura ambiente en la cual una lámina pasa a través de una serie de estaciones (pares de rodillos), en cada una de ellas se realiza un doblado hasta llegar a una forma determinada. Aunque un modo común es que cada estación esté compuesta por un par de rodillos espaciados verticalmente existe la posibilidad de agregar rodillos laterales con ejes verticales. La distancia vertical entre cada par de rodillos depende del material a conformar. La figura 2.5, representa el proceso de perfilado mediante rodillos (Araujo, 2006).

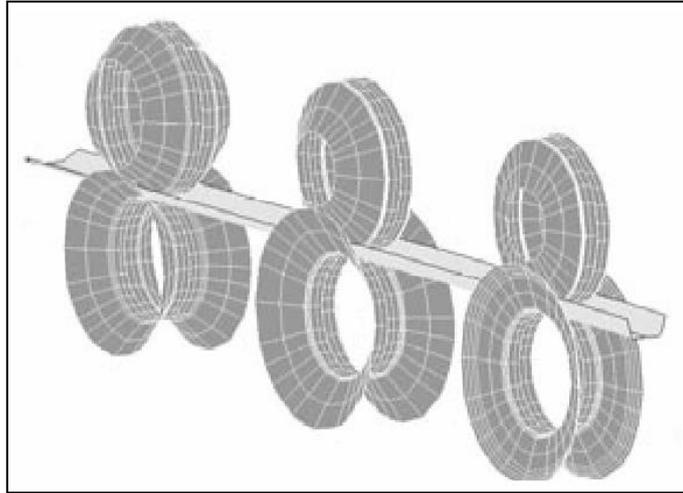


Figura 2.5. Representación del proceso de perfilado mediante rodillos (Araujo, 2006)

El doblado realizado en cada estación suele mostrarse por medio de una “flor de conformado”. En dicha representación se genera una vista frontal del perfil y se pueden observar todas las etapas seguidas para llegar a la forma final desde una lámina sin deformar. La deformación que se causa en cada estación solo incluye la dirección transversal del fleje porque el proceso se diseña para que el espesor de la lámina sea el mismo en toda la extensión del material, aun así en la zona de doblado suele ocurrir una leve reducción. El proceso debe ser diseñado para evitar llegar a fractura en la zona de doblado. La figura 2.6, muestra la flor de conformado para un tubo circular (Araujo, 2006).

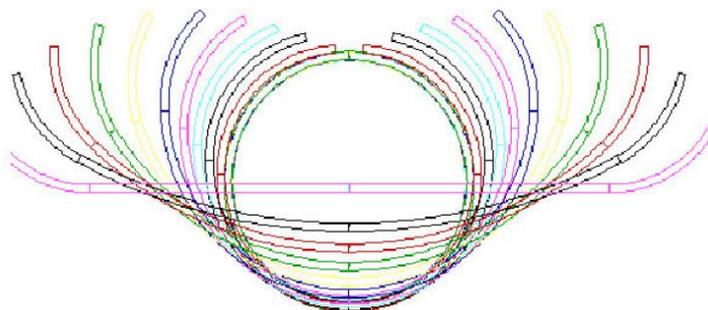


Figura 2.6. Flor de conformado de un tubo circular (Araujo, 2006)

### **2.3. Característica de las máquinas perfiladoras por rodillos**

Las ventajas e inconvenientes de los métodos alternativos siempre deben ser tomados en cuenta. A continuación un listado de las más importantes (Arias, 2004).

#### **a) Ventajas**

- Bajo coste inicial para el trabajo realizado, en comparación con el coste que supondría realizar el perfil con otras máquinas.
- La casi ilimitada variedad de formas que se puede conseguir.
- Una elevada productividad.
- El efecto de endurecimiento por deformación causado por el proceso de conformado en frío.
- Obtención de perfiles con longitudes casi ilimitadas.
- Variedad de perfiles de diferente espesor con una misma máquina.
- Posibilidad de crear perfiles huecos.
- Gran velocidad de producción y producción económica de grandes volúmenes de piezas.
- Posibilidad de incorporar dentro de la operación de perfilado diferentes operaciones adicionales que con otro sistema deberían ser tratadas como operaciones secundarias. Por ejemplo, las etiquetas se pueden aplicar a la forma como proceso en línea.
- Posibilidad de pre-perforado.
- Capacidad de conformar prácticamente todo material que pueda ser doblado.

- Posibilidad de obtener perfiles curvos.
- Dos o más materiales o dos porciones distintas se pueden conformar simultáneamente para producir una forma revestida en una operación.
- Obtención de niveles acústicos bajos.

#### **b) Inconvenientes**

- Importancia de la selección del material. Los materiales usados pueden presentar problemas de calidad tales como bolsas, estrías y ondulamiento de los bordes. En consecuencia, se debe tener mucho cuidado al seleccionar la calidad del material.
- Complicación del propio proceso de deformación de la chapa y falta de personal altamente cualificado de montaje y utilización en fábrica.
- Pequeñas marcas en la superficie son inevitables e inherentes del propio proceso de conformación.
- Necesidad de grandes lotes para justificar la inversión.
- Poca flexibilidad en el cambio de perfil.

## 2.4. Equipos auxiliares en las máquinas perfiladoras por rodillos

Además de la máquina de perfilar propiamente dicha, varios equipos pueden o deben ser introducidos en serie para la obtención del perfil deseado. En la figura 2.7, se puede observar una línea de perfilado complejo, con varios elementos auxiliares y con una disposición bastante típica (Arias, 2004).

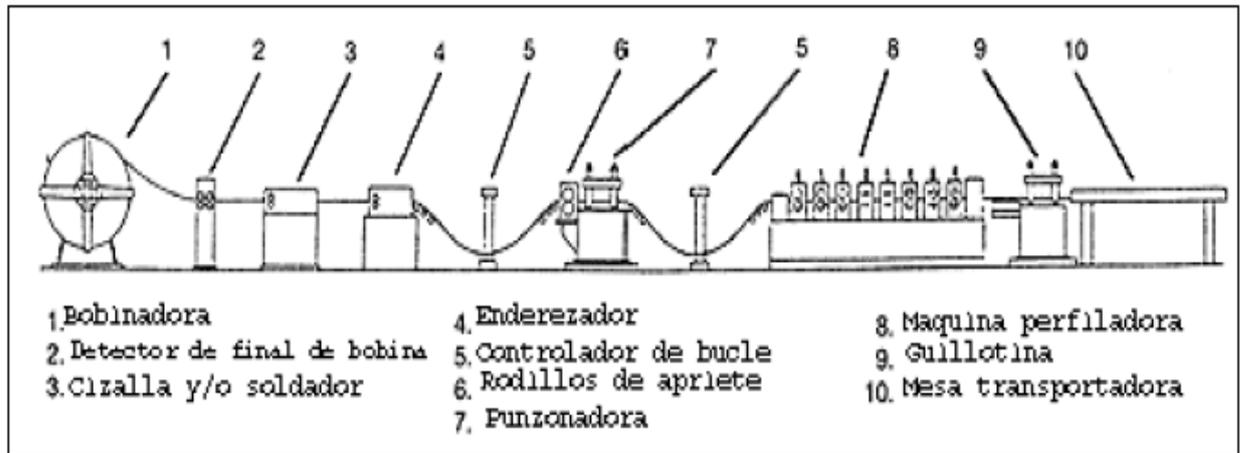


Figura 2.7. Línea de perfilado compleja (Arias, 2004)

### a) Sistema de alimentación de chapa

El suministro de chapa se suele realizar normalmente mediante bobinas o flejes, tal como muestra la figura 2.8, aunque en algunos casos la alimentación de chapa se realiza mediante planchas (Calero y Carta, 1999).

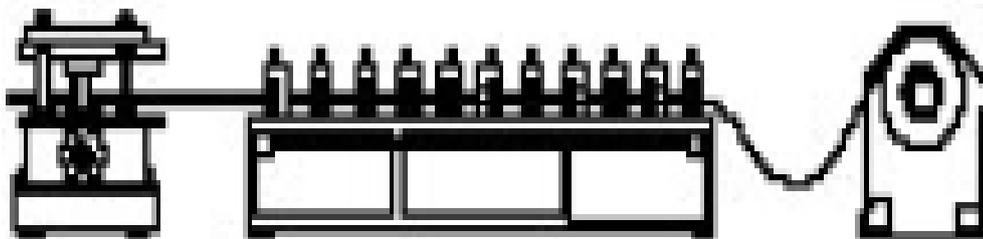


Figura 2.8. Flujo de material en el proceso (Calero y Carta, 1999).

## b) Devanadora

En el caso que se utilice bobinas o flejes, la mayoría de los casos, será necesario la adquisición de una devanadora. Estas máquinas consisten en un mandrino expansible que permite encajarse en el diámetro interior del fleje o bobina deseada. Los parámetros de selección básicos son la capacidad de carga de la bobinadora, la anchura máxima y el diámetro máximo de la bobina o fleje que albergará.

Algunas de estas devanadoras, como la mostrada en la figura 2.9, presentan una base giratoria y dos brazos. Una bobina puede ser posicionada en un brazo mientras otra bobina está siendo utilizada en el otro brazo, reduciendo el tiempo de cambio de bobina en la devanadora. Este tipo es ventajoso cuando las bobinas son relativamente pequeñas y la producción requerida es alta, ya que la proporción del tiempo consumido en el cambio de bobinas podría llegar a ser importante dentro del tiempo total de la producción (Calero y Carta, 1999).



Figura 2.9. Devanadora de dos brazos (Calero y Carta, 1999)

### **c) Rodillos enderezadores**

Se trata de unos rodillos situados normalmente a la salida de la bobinadora que permiten aplanar esta. La razón es que la chapa al estar enroscada en la bobina presenta una forma curva por defecto, no plana, y por lo tanto la chapa debe ser enderezada a una posición plana.

Consiste en una serie de rodillos situados a diferente altura que obligan a la chapa a hacer cambios de dirección en ellos, obteniendo a la salida una chapa plana por defecto. En la figura 2.10, se puede observar un ejemplo de rodillos enderezadores (Arias, 2004).



Figura 2.10. Rodillos enderezadores de chapa (Arias, 2004)

### **d) Guías de entrada**

Las guías de entrada son elementos posicionados antes de la primera etapa de la máquina perfiladora y que permiten asegurar la correcta alineación y posición de la entrada de la chapa en la primera etapa de rodillos.

Este elemento es especialmente importante y necesario cuando el perfil que se desea formar es asimétrico en la primera etapa. La razón de dicha importancia es que, por el hecho de ser asimétrico, las fuerzas horizontales no se equilibran, y por lo tanto aparecen fuerzas que intentarían desplazar la chapa y alabearla. El diseño de este elemento normalmente es bastante simple, aunque se puede hacer bastante elaborado, como se puede observar en la figura 2.11 (Arias, 2004).

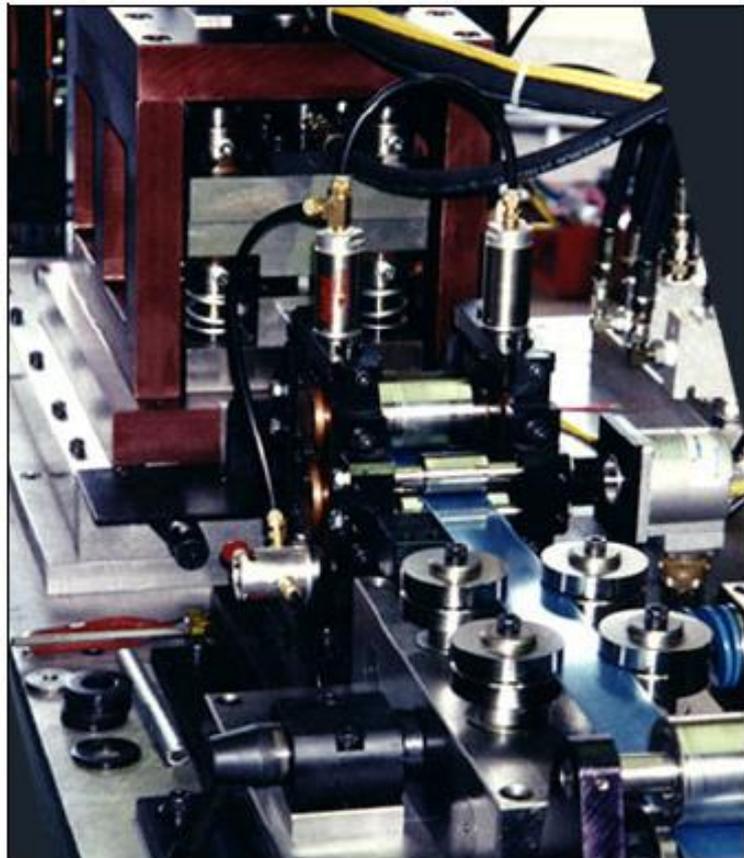


Figura 2.11. Sistema de guiado preciso (Arias, 2004)

### e) Rodillos planos de presión

En ocasiones, resulta interesante colocar a la entrada de la máquina perfiladora unos rodillos planos de presión. Estos rodillos motorizados, no locos, dan una ligera presión a la chapa a la entrada de la primera etapa de rodillos, y de esta forma conseguir que la alimentación de la máquina sea más fluida.

La forma es muy simple, son dos rodillos planos regulables en altura, que permiten dar mayor o menor presión sobre la chapa, y de esta forma permitir que la chapa se vea más forzada a entrar en la máquina y evitar de esta forma que pueda doblarse a la entrada de la máquina. En la figura 2.12, puede verse un ejemplo de este tipo de rodillos (Calero y Carta, 1999).



Figura 2.12. Rodillos planos de presión (Calero y Carta, 1999)

## f) Básquet

Por básquet se denomina a un elemento necesario en caso de usar, como suministro de chapa, una bobina o fleje. Se trata de un elemento de rodillos con una cierta curvatura que evita que la chapa no pueda doblarse en la entrada de la máquina. Es decir, al usar una bobina la chapa presenta el abombamiento descrito anteriormente, llamado bucle, y entra de forma plana sobre la máquina. Si no se usase este elemento este cambio de dirección de la chapa podría tener un radio demasiado pequeño, haciendo que la chapa se doblase antes de la entrada a la máquina, cosa que produciría problemas importantísimos. La figura 2.13, presenta un ejemplo de básquet (Arias, 2004).



Figura 2.13. Básquet (Arias, 2004)

### **g) Sistema de guiado entre etapas**

Este sistema de guiado facilita la entrada del perfil formado en una etapa, a la etapa siguiente. Estos elementos no suelen ser comunes, ya que si en teoría los rodillos están correctamente diseñados el perfil no tendría que presentar ningún impedimento a entrar correctamente en la etapa siguiente. Pero la realidad es que a veces, por la complejidad del perfil, o por factores de coste, o por reducción de tiempo de ciclo, o falta de espacio, o simplemente, porque una vez diseñada, montada y puesta en marcha la máquina el perfil tenga problemas de entrada, el diseñador se ve obligado a utilizar algún tipo de elemento corrector de trayectoria. Por lo tanto, el uso de estas guías entre estaciones contiguas permiten ayudar a compensar alguna posible carencia de diseño dando un incremento de forma, como si de una etapa intermedia se tratase, que permite minimizar el pequeño retorno elástico entre etapas, forzando la chapa a que entre correctamente en la etapa siguiente.

Normalmente estas guías tan sólo son requeridas para contactar en puntos críticos, donde se produce el fallo, y no en el contorno entero. A pesar de la forma, las guías tendrían que ser diseñadas en partes independientes extraíbles para facilitar el montaje.

Varios metales pueden ser considerados, dependiendo del acabado final deseado sobre el perfil de trabajo. Para las áreas de contacto es preferible aceros de gran dureza, pero cuando el acabado es crítico el acero de gran dureza podría rallar la superficie y sería necesario seleccionar otro material (Arias, 2004).

#### **h) Cabeza de turco**

Este es un elemento importante, ya que permite corregir defectos de rectitud del perfil una vez este abandona la última etapa de la máquina.

Se trata de un mecanismo que permite enderezar y corregir desviaciones del perfil, debido a la diferencia de tensión entre las dos caras de contacto con los rodillos que la chapa sufre en cada etapa de la máquina perfiladora. Normalmente el diseño de este equipo se realiza de forma particular, según las necesidades de corrección del perfil. La máquina necesita un ajuste tanto vertical como horizontal y una rotación sobre el eje de desplazamiento de la chapa. Un ejemplo de un cabeza de turco de grandes dimensiones, debido a que debe corregir un perfil de espesor importante, se puede observar en la figura 2.14 (REVISTATOPE, 2015).



Figura 2.14. Cabeza de Turco (REVISTATOPE, 2015)

### i) Equipo de corte

La razón de la importancia de un equipo de corte viene debido a que la mayoría de perfiles son realizados a partir de bobinas o flejes, por lo tanto es necesario cortar la chapa en el tamaño adecuado para conseguir que el perfil tenga la longitud deseada.

La mayoría de estas máquinas son de accionamiento neumático o hidráulico de doble efecto, y suelen hacer servir una construcción de tipo cerrada, que permite asegurar una gran rigidez. Es necesario un sistema de regulación de la holgura de las cuchillas. Estas máquinas suelen incorporar un pisador de la chapa, este consiste de un soporte flotante suave que permite sujetar la chapa sin dejar marcas, consiguiendo de esta forma que durante el corte la chapa no presente movimiento que pueda afectar a la precisión del corte.

Para un buen funcionamiento del sistema en conjunto, el control numérico se hace imprescindible. La tendencia es el situar un contador de vueltas que permita calcular la distancia de perfil que llevamos recorrido, tal como muestra la figura 2.15, y por lo tanto que de la señal de paro de la máquina perfiladora y la señal de corte a la máquina cortadora (Arias, 2004).

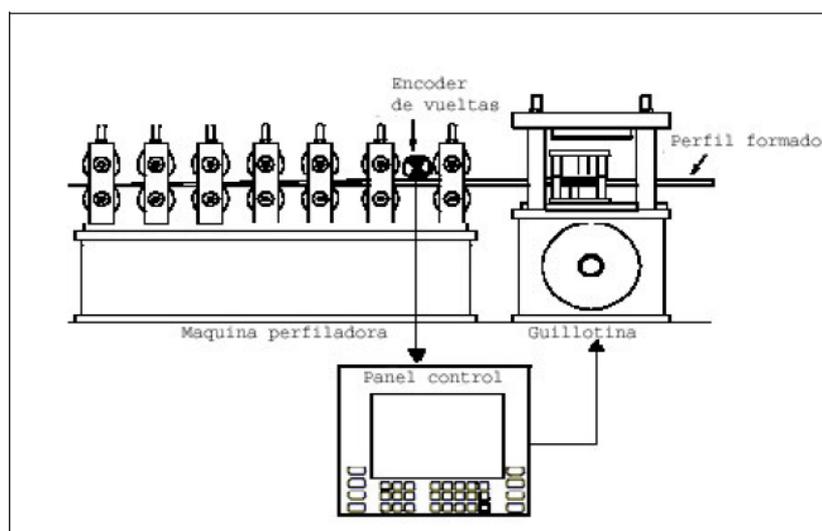


Figura 2.15. Encoder de vueltas (Arias, 2004)

### **i.1 Guillotinado de corte vertical**

Son las menos utilizadas. Como puede verse en la figura 2.16, se trata de una máquina que presenta dos cuchillas, una fija y la otra móvil que cortan el perfil, una vez formado, de forma vertical. El sistema de actuación es similar al de una prensa, es decir, la fuerza de corte se realiza mediante pistones neumáticos, hidráulicos o de alguna forma similar, y en la zona de corte se suele poner una matriz que simula el perfil que se quiere cortar, evitando de esta forma que este se doble o se dañe en las zonas próximas al corte.

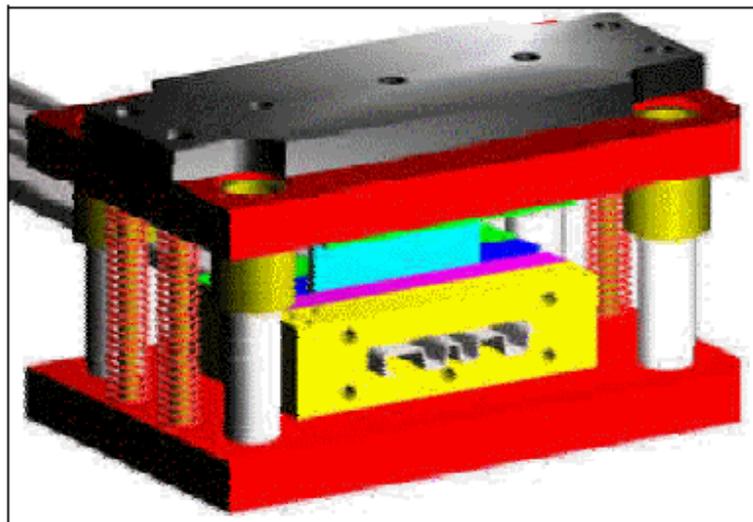


Figura 2.16. Guillotina de corte vertical (Arias, 2004)

### **i.2 Guillotina de corte inclinado**

Este tipo de guillotina es la más usada en el sector del perfilado en frío, debido a que la relación calidad/precio es bastante elevada.

En la figura 2.17, podemos ver un ejemplo de este tipo de máquinas. El funcionamiento presenta puntos en común con la anterior, ya que también dispone de una cuchilla fija inferior con la forma del perfil que se desea cortar. La diferencia principal se basa en la forma de corte, ya que esta realiza un corte inclinado, que suele conseguir unos muy buenos resultados.

La máquina dispone de una cuchilla superior, que es la que se desplaza de forma inclinada y un sistema de pistón, de accionamiento variable según el fabricante, que permite el movimiento de la cuchilla. Normalmente el soporte de la cuchilla superior y su pistón de accionamiento suele ser basculante, y con un sistema para poder situar la cuchilla en un ángulo predeterminado. La razón de este grado de libertad esta, en que según el tipo de perfil que se desea cortar, el ángulo idóneo de ataque puede diferir de otros perfiles (Arias, 2004).



Figura 2.17. Guillotina de corte inclinado (Arias, 2004)

#### **j) Punzonadoras**

Otra posibilidad muy común y extendida, es hacer pasar la lámina por una punzonadora o prensa que perfora la chapa de una forma equidistante, según los cálculos realizados por el diseñador, para obtener perfiles perforados o con formas diversas.

Intervienen dos herramientas, una que se coloca en la parte inferior de la pieza a punzonar o matriz, y otra que se coloca en la parte superior o punzón.

La compresión del material genera una deformación, a medida que avanza la penetración del punzón en el material se inician grietas en los bordes de contacto entre el punzón y la pieza y la matriz y la pieza, y a medida que avanzan esas grietas se produce una rotura o fractura que hace que se separe la chapa del material de recorte, coinciden las dos grietas y el punzón sigue penetrando hasta provocar la expulsión del material cortado (WEEBLY, 2015).

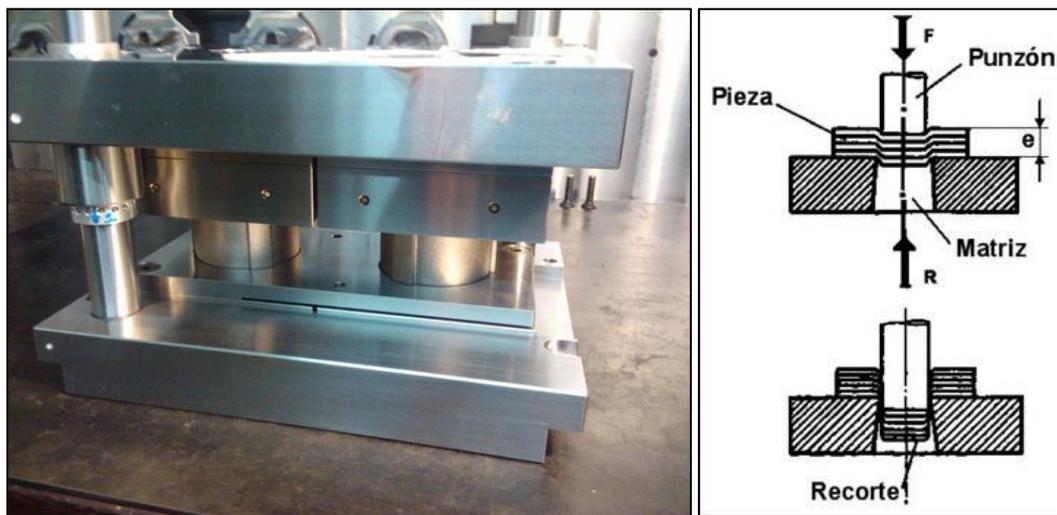


Figura 2.18. Punzonadora (WEEBLY, 2015).

## 2.5. Funcionamiento de la máquina conformadora DIPER A21130

### a. Plano del producto fabricado en BSH-España

En la figura 2.19, se muestra el plano del producto fabricado por la máquina originalmente en BSH-España. En este se puede distinguir la vista frontal, vista lateral, corte de sección transversal, así como el detalle de estampado. Asimismo se observan los troqueles a realizar. Luego del análisis de este se procederá a realizar la identificación de los distintos sistemas de trabajo de la máquina para lograr la fabricación de dicho producto (Bosch Perú, 2013).

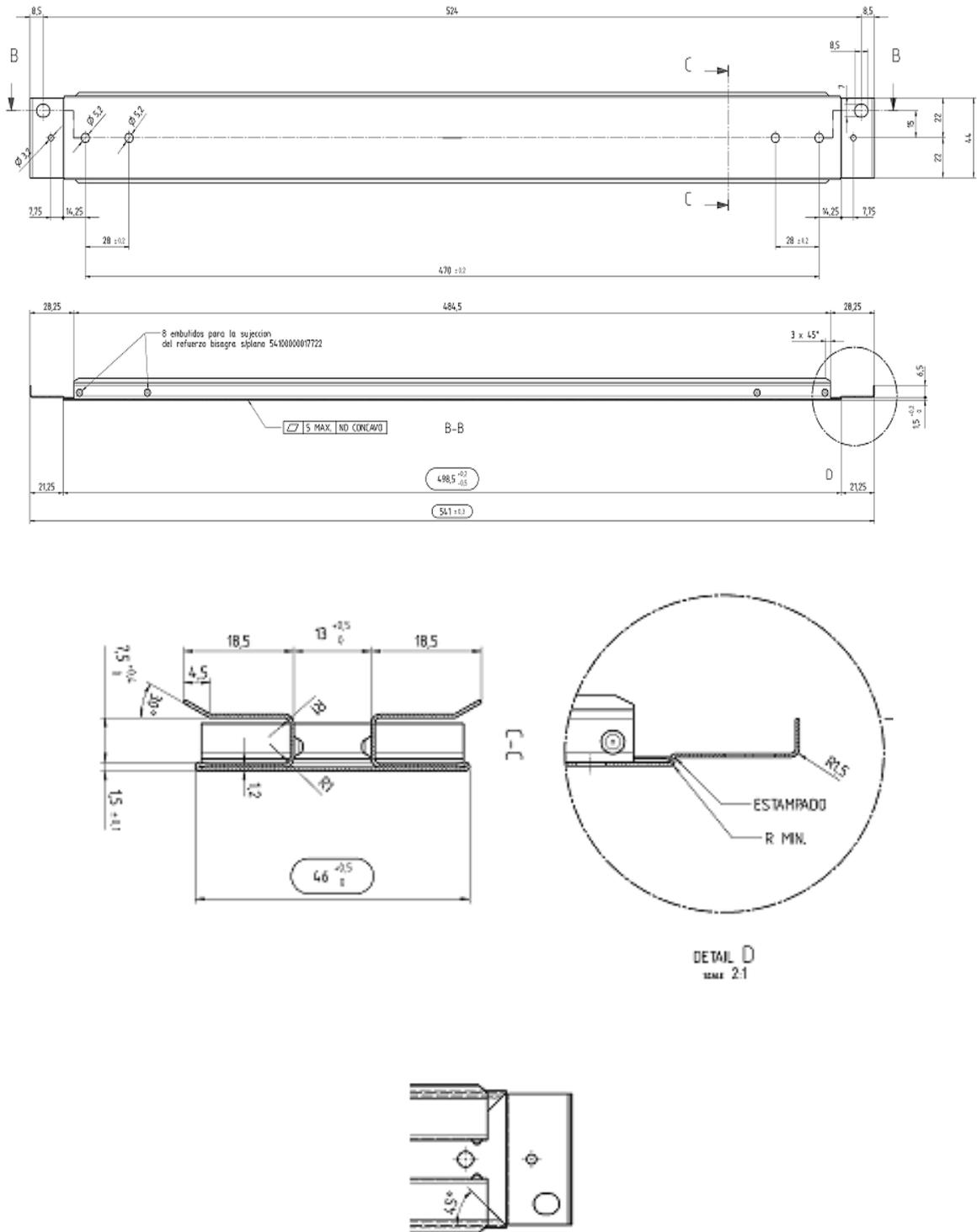


Figura 2.19. Plano de producto fabricado en BSH-España (Bosch Perú, 2013)

## b. Descripción del proceso de fabricación

La figura 2.20, muestra el flujo de proceso a través del cual pasa el material en la máquina conformadora DIPER 21130 para obtener la traviesa central.

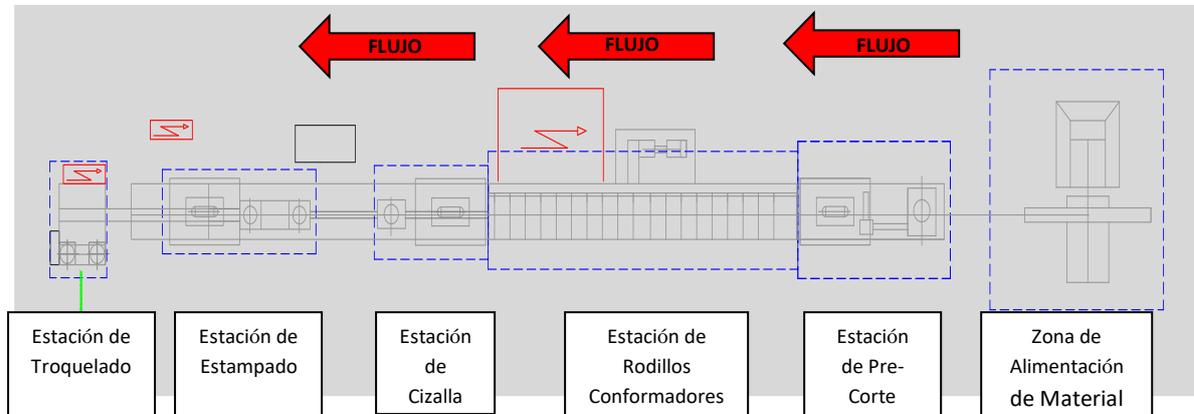


Figura 2.20. Descripción de máquina conformadora (Bosch Perú, 2013)

### b.1. Estación de pre-corte

Compuesta por una matriz móvil de corte con su unidad hidráulica. La figura 2.20, muestra la matriz de corte utilizada originalmente en la máquina conformadora. La figura 2.21, muestra el corte realizado por esta matriz.

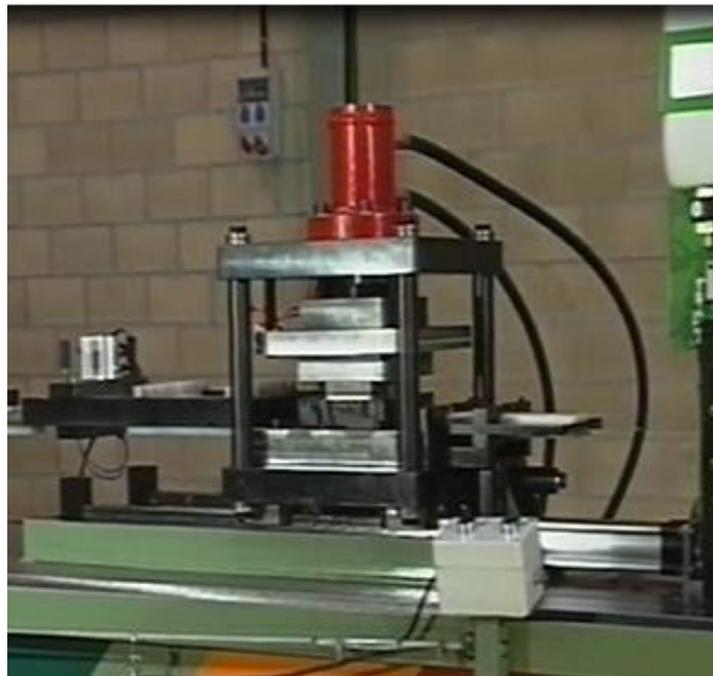


Figura 2.21. Estación de pre-corte (Bosch Perú, 2013)



### **b.3. Estación de cizallado**

En esta estación se realiza el corte de separación de traviesa. Está compuesta por una matriz móvil de cizalla con su unidad hidráulica. La figura 2.25, muestra la matriz móvil utilizada para este proceso.

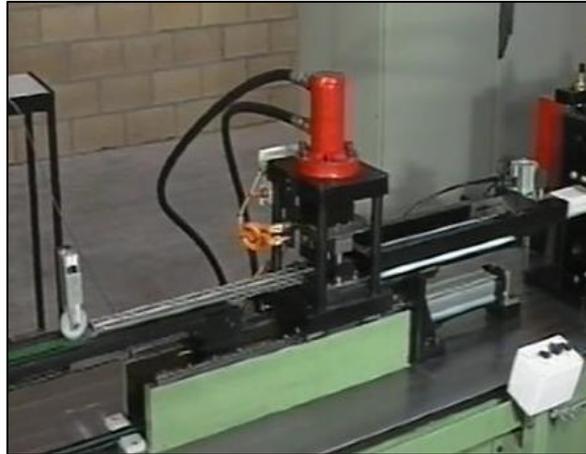


Figura 2.25. Matriz de cizalla (Bosch Perú, 2013)

### **b.4. Estación de estampado**

Estación en la cual se realiza el estampado y doblez en los extremos de la traviesa. Está compuesta por dos matrices estacionarias, ambas trabajando con una sola unidad hidráulica. En la figura 2.26, se observa el conjunto de matrices de estampado y doblez, mientras que en la figura 2.27, se muestra el plano de estampado y doblez.

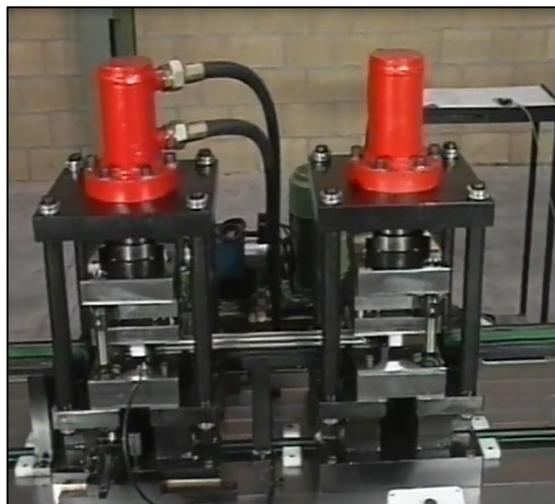


Figura 2.26. Conjunto de matrices de estampado y doblez (Bosch Perú, 2013)

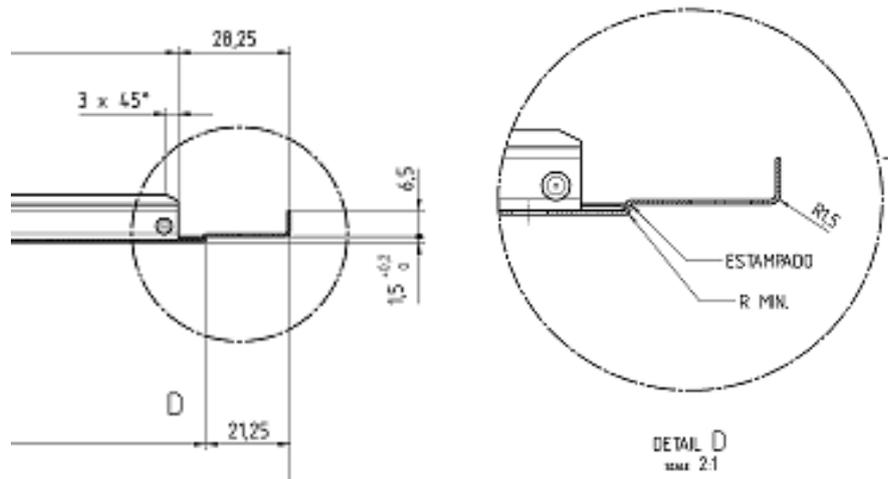


Figura 2.27. Plano es estampado y doblado (Bosch Perú, 2013)

### b.5. Estación de troquelado

Estación en la cual se realiza el troquelado de agujeros de bisagra y agujeros de sujeción. Esta estación trabaja con energía neumática y cuenta con dos conjuntos de matrices. En la figura 2.28, se puede observar la estación de troquelado, mientras que en la figura 2.29, se detalla el plano de los agujeros a realizar en ambos extremos.



Figura 2.28. Estación de troquelado (Bosch Perú, 2013)



## **CAPÍTULO 3**

### **MARCO METODOLÓGICO**

### **3.1. Variables**

#### **3.1.1. Variables**

- Capacidad de fabricación de traviesa central (Cp. y Cpk.).
- Tiempo de fabricación de traviesa central.
- Nivel de adherencia de pintura al nuevo sustrato.

### **3.2. Metodología**

#### **3.2.1. Tipo de estudio**

El tipo de estudios explicativo.

#### **3.2.2. Diseño de investigación**

El diseño de investigación es no experimental, pues se investiga cómo realizar la adaptación de una máquina conformadora de rodillos. Se mostrará paso a paso el procedimiento de realizado.

#### **3.2.3. Método de investigación**

El método de la investigación es deductivo.

## **CAPÍTULO 4**

### **METODOLOGÍA PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA**

#### **4.1. Alternativas de solución**

- Realizar mejoras en los distintos procesos, con la finalidad de disminuir el tiempo de ciclo de fabricación.

El tiempo de ciclo en los procesos de matrizado no pueden disminuir ya que las prensas no tienen velocidad variable. Así mismo ya se realizaron todas las mejoras en temas de estudios de movimientos.

- Cambiar el material de fabricación de Acero LAF (acero laminado en frío) a Acero Galvanizado.

Esto no puede ser posible, ya que durante el proceso de soldadura la capa de galvanizado sufriría daños, por lo cual perdería sus propiedades.

- Adaptar la máquina conformadora DIPER A21130.

Esto puede ser posible, ya que esta máquina produce traviesas centrales similares a las requeridas por Bosch-Perú. Para conseguir que se fabriquen las adecuadas se debe realizar modificaciones en la máquina.

#### **4.2. Solución del problema**

Adaptar la máquina conformadora DIPER A21130, la cual realiza un proceso de fabricación continua, con un tiempo de fabricación de 20 segundos por pieza.

Para conseguir la modificación de la máquina se determinaron los siguientes pasos:

- Evaluar los planos de la traviesa central fabricada por la máquina y la nueva traviesa central que se quiere fabricar en Bosch-Perú.
- Planificar las modificaciones que se deben realizar en las distintas estaciones de trabajo de la máquina, para esto se realizarán planos de diseño y planos de modificación según sea el caso.

- Realizar pruebas de funcionamiento para la fabricación de los tres modelos requeridos, es decir, traviesa central de los modelo 550, modelo 600 y modelo 700.
- Realizar el cálculo de la capacidad de proceso, para garantizar que se cumple con las medidas dadas por el plano de diseño.
- Realizar pruebas de adherencia e impacto a la pintura, ya que se cambio el material de fabricación de acero laminado en frío a acero galvanizado.
- Realizar instructivos de operación y mantenimiento autónomo, para garantizar la continuidad en operatividad de la máquina.

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS Y PRESENTACIÓN DE RESULTADOS**

## 5.1. Análisis del perfil a fabricar

### 5.1.1. Diseño de nueva travesía central en Bosch-Perú

Para el inicio de las evaluaciones se realizó la solicitud al área de Ingeniería de Desarrollo del plano nuevo diseño de la travesía central para Bosch Perú, así como también los planos de diseño de la travesía central de Bosch España. La figura 5.1 y 5.2 muestran los dos modelos fabricados por BSH-España, a través de las diferentes vistas mostradas se identifica troqueles, perfil y forma a obtener, así como las cotas que están bajo control dimensional. La figura 5.3, muestra el plano de la nueva travesía requerida por BSH-Perú, a través de las diferentes vistas y tablas que se pueden observar en este plano se identifica troqueles, perfil y forma a obtener, así como las cotas que están bajo control dimensional. Para mayor detalle de los planos, ver anexo A.

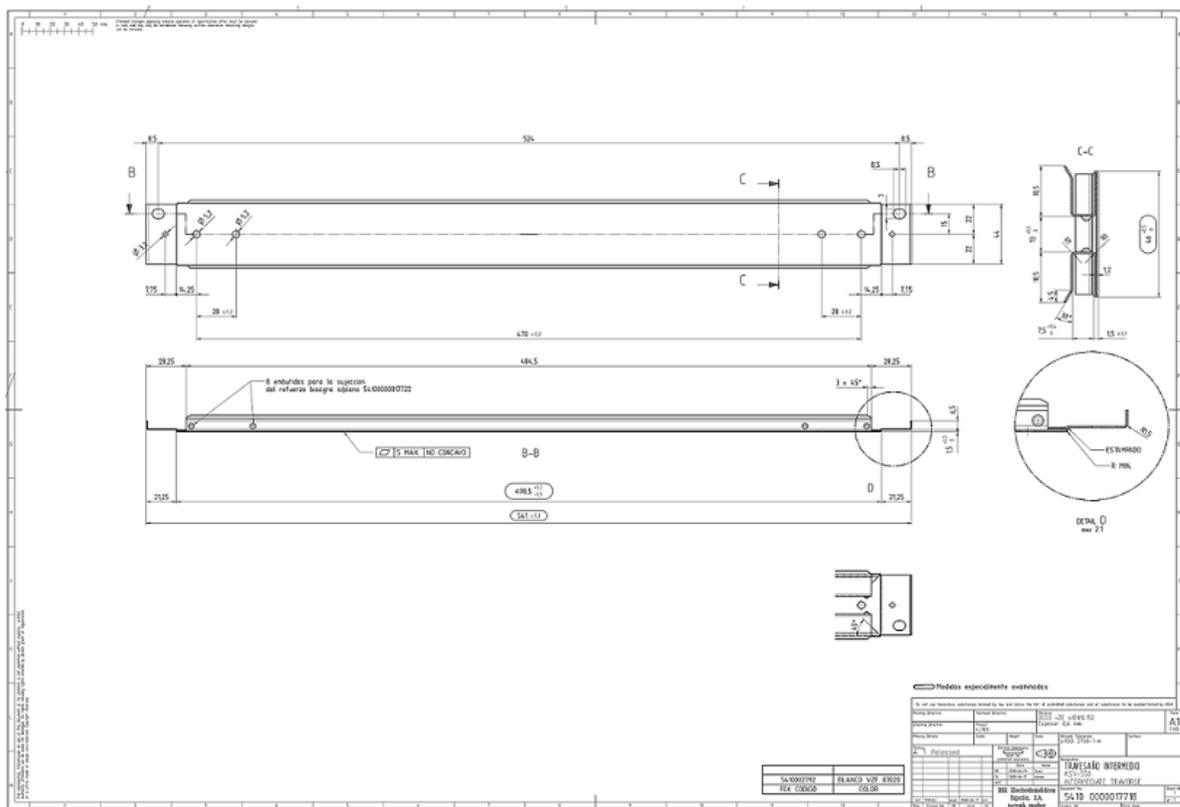


Figura 5.1. Plano de travesía central modelo 550 de Bosch-España (Bosch Perú, 2013)



### 5.1.2. Diferencias entre travesía de Bosch-Perú y Bosch-España

Con ayuda de los planos de diseño de la travesía central de Bosch Perú y Bosch España, procederemos a anotar las principales características y diferencias entre ambas. Esta evaluación nos ayudará a definir las posteriores modificaciones a realizar en la máquina conformadora DIPER A21130. Las principales características y diferencias se muestran en la tabla 5.1.

CARACTERÍSTICA	TRAVIESA CENTRAL BSH-PERU			TRAVIESA CENTRAL BSH-ESPAÑA	
	MODELO			MODELO	
	550	600	700	550	600
Material	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Acero galvanizado	Acero galvanizado
Espesor (mm)	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
Ancho de frente (mm)	50.0	50.0	50.0	46.0	46.0
Distancia entre estampado (mm)	505.0	555.0	655.0	498.5	548.5
Altura de estampado (mm)	2.4	2.4	2.4	1.5	1.5
Ancho de pre corte (mm)	47.0	47.0	47.0	44.0	44.0
Diámetro de agujero de amarre de travesía a gabinete (mm)	3.0	3.0	3.0	3.2	3.2
Diámetro de agujero de amarre de bisagra (mm)	6.0	6.0	6.0	5.2	5.2
Distancia entre agujeros de bisagra (mm)	83.0	83.0	83.0	28.0	28.0
Número de Bisagras (und)	1	1	1	2	2
Ancho de canal de refuerzo de bisagra (mm)	11.5	11.5	11.5	13.0	13.0

Tabla 5.1. Diferencias entre travesía de Bosch Perú y Bosch España (Elaboración propia, 2015)

## **5.2. Análisis de las modificaciones**

### **5.2.1. Determinación de las modificaciones**

Con ayuda de la tabla 5.1 y la evaluación del funcionamiento de la máquina conformadora DIPER 21130 explicado dentro del marco teórico, se determinaron las modificaciones a realizar, las cuales se listan a continuación:

- Fabricación de nueva matriz de Pre-corte y troquel de interruptor
- Fabricación de nuevos rodillos conformadores
- Modificación en matrices de estación de estampado
- Modificación en matrices de troquel de agujeros de bisagra

## **5.3. Detalle de modificaciones**

### **5.3.1. Diseño de nueva matriz de pre corte y troquel de interruptor**

En esta estación se define el ancho de la traviesa, longitud entre estampados, posición agujeros para colgado y también se deberá realizar el troquel de interruptor. Con la evaluación realizada a los planos del producto dados por el área de ingeniería de desarrollo, se determinó que se debe realizar el diseño y posterior fabricación de la matriz pre-corte y troquel de interruptor. Para la fabricación de esta matriz se requerirá del servicio de un proveedor externa, para lo cual se debe realizar el RFQ (documentos de especificaciones técnicas para la cotización) y el plano de corte requerido. La tabla 5.2 muestra el RFQ para la fabricación de la matriz de pre-corte y troquel de interruptor. La figura 5.4, muestra el detalle de los troqueles y cortes realizados en esta estación. Mientras que la figura 5.5, muestra un esquema de la matriz indicando sus principales parte y el material con el cual debe fabricarse.

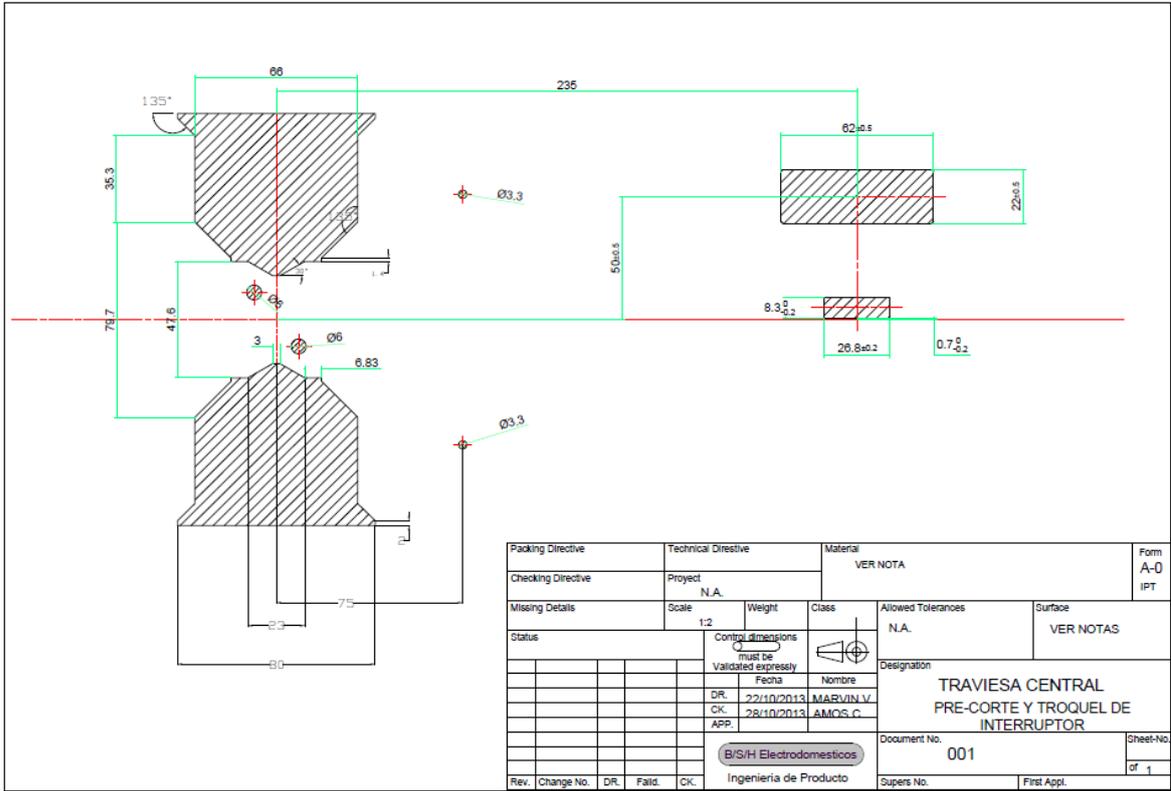


Figura 5.4. Pre-corte y troquel de interruptor (Bosch Perú, 2013)

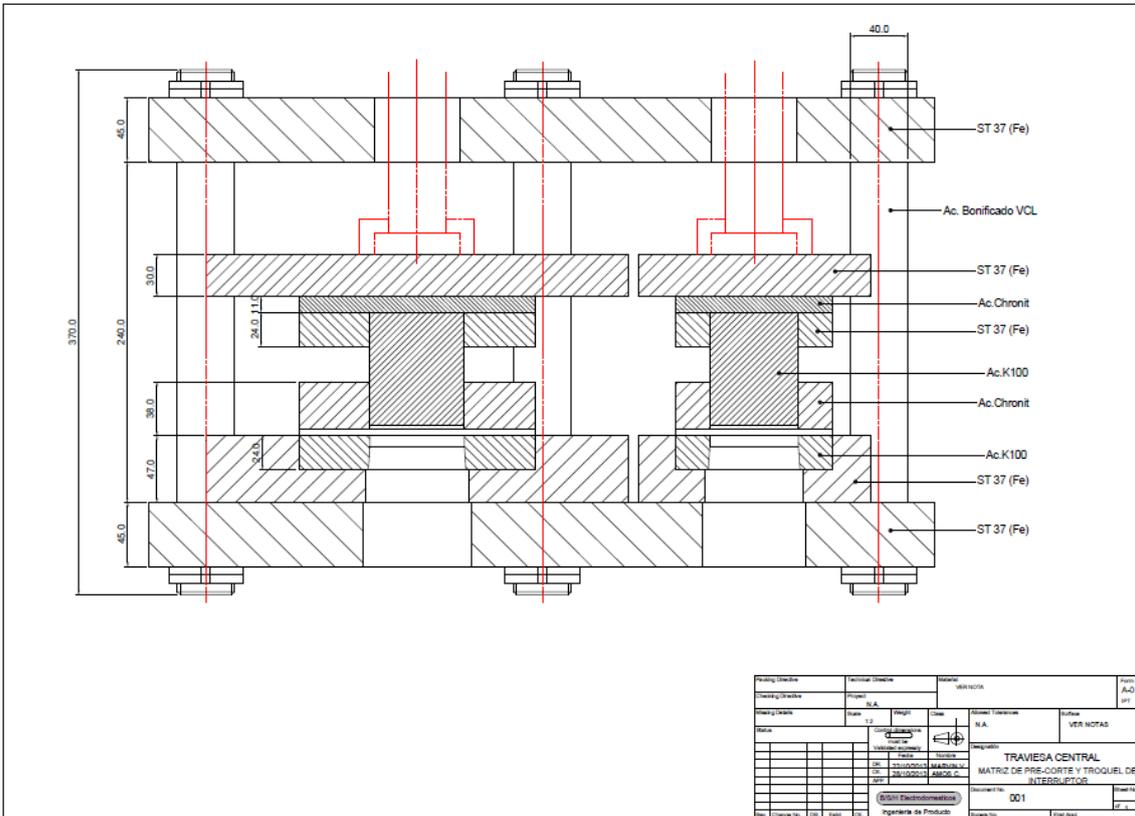


Figura 5.5. Plano de diseño de matriz de pre-corte (Bosch Perú, 2013)

DATOS TECNICOS DE DESARROLLO DE MATRIZ			
TECNICAL DATA PROCESS OF DIE			
Numero de RFQ	10	Nombre del Proyecto :	-----
Fecha de revision :	viernes, 21 de noviembre de 2013	Diseñado Por :	Victor Espinoza
Area :	Mecánica de Refrigeradoras	Elaborado Por :	Amos Castillo
NOMBRE DEL PRODUCTO :	Pre-corte y Troquel de Interruptor		
CANTIDAD DE MATRICES	1		
TIPO DE MATRIZ ( TYPE OF DIE )		TIPO DE GUIADO DE MATRIZ	
Matriz Progresiva (Composite Die)	<input type="checkbox"/>	Matriz Doble ( Bending Die)	<input type="checkbox"/>
Matriz Compuesta ( Tranfer Die )	<input type="checkbox"/>	Matriz Corte ( Cutting Die )	<input checked="" type="checkbox"/>
Matriz Conjugada (Joint Die)	<input checked="" type="checkbox"/>	Matriz Embutido ( Drawing Die)	<input type="checkbox"/>
		Matriz Guiada con Columna ( Die Guide With Column )	<input checked="" type="checkbox"/>
		Matriz c/prensa chapa guia	<input type="checkbox"/>
		Matriz Guiada con Placa ( Die Guide With Plaque )	<input checked="" type="checkbox"/>
OPERACIONES ( OPERATION)		2	
En la primera estación realizó el pre-corte de división de traveisa, troquel para agujeros de colgado, troquel para refuerzo de bisagra. En la segunda estación realizó el troquelado de agujero de interruptor.			
Proceso alimentado mediante bobina de acero galvanizado, ancho=152 +0/-0.5 mm, espesor = 0.6mm			
CANTIDAD DE GOLPES GARANTIZADOS :	1,000,000		
Alimentacion de Material ( Process Material )			
En Plancha ( In Blank )	<input type="checkbox"/>	En Bobina ( In Coil )	<input checked="" type="checkbox"/>
		Matrizada ( Mechanized )	<input type="checkbox"/>
Datos del Material a Procesar Process Material Data			
Tipo de Material : Materiel Type :	ACERO GALVANIZADO		Espesor de Material (mm) : Thickness (mm):
			0.6
Prensa Propuesta : Preuss Proposition :	PE07 Prensa Excentrica Arrasate		
Altura Total de la Matriz Abierta (mm): Heigh Die (mm) :	330	A	G
ESPECIFICACIONES DE LA MATRIZ DATA OF DIE MEDIDAS MINIMAS			
	Descripcion Description	Material Material	Espesor (mm) Thickness
A	Placa base Superior	ST 37 (Fe)	45
B	Placa Sufriдера	ACERO CHRONIT	11
C	Porta Punzon	ST 37 (Fe)	24
D	Placa Guía	ACERO CHRONIT	30
E	Placa Matriz	ACERO K100	24
F	Placa Base Inferior	ST 37 (Fe)	45
H	Punzon	ACERO SPK	-----
G	Columnas	Acero Bonificado VCL	Ø:40mm L: 370mm
I	Altura matriz		330

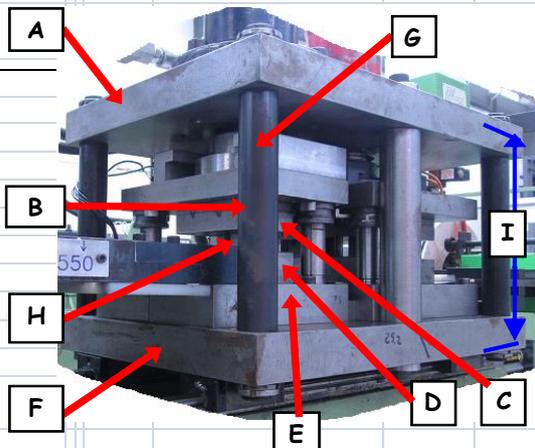


Tabla 5.2. RFQ Matriz de Pre-corte y troquel de Interruptor (Bosch Perú, 2013)

### 5.3.2. Diseño de la flor de conformado

El diseño de la flor de conformado representa la parte más importante, ya que este define el perfil requerido. Posterior al análisis de los planos entregados por el área de ingeniería de desarrollo, se determinó que se requiere la fabricación de nuevos rodillos conformadores, para esto se realizará el cálculo de la flor de conformado.

#### a. Procedimiento de cálculo

El factor K, que varía de nombre según el fabricante, es un factor conseguido tras el análisis tanto mecánico, de deformación plástica, composición, que intenta “reflejar” como se deformará el material cuando pase por los rodillos. Este factor K se suele calcular de forma empírica e individual por cada fabricante antes de diseñar los rodillos que conformarán el perfil. El factor K se estimará según el tipo de material de la chapa y su resistencia a la tracción, se ha obtenido que para aceros con resistencia a tracción de 300 a 500 N/mm<sup>2</sup>, un ángulo de doblado de 90° y un ángulo interior de doblado entre 1 y cinco veces el espesor, el factor K utilizado suele ser entre un 0,35 y un 0,40. En cambio para doblados superiores a 120° el coeficiente K debe ser superior a 0,5. Para los casos de un plegado de 180°, con radio interno (intr) de 0 mm, se hace servir un coeficiente K que suele estar cercano a 2/3 y que sólo hace servir el espesor, (Arias, 2004).

Para nuestro caso, se deberá tener en cuenta los siguientes datos:

$$K_{90^\circ} = 0.38, K_{100^\circ} = 0.38, K_{35^\circ} = 0.38, K_{180^\circ} = 2/3$$

Asimismo, se deberá tener en cuenta la fórmula para determinar la longitud real de deformación:

$$L_{real} = \Theta^*(r_{int} + K*e) \dots\dots\dots (01)$$

Donde:

$\Theta$ : Ángulo de doblez (en radianes)

$r_{int}$ : Radio interno (1mm)

K: Factor K

e: Espesor de la chapa (0.6mm)

### b. Cálculo del desarrollo de la chapa

El desarrollo de la chapa está dado por la suma de las longitudes lineales con las longitudes necesarias para los doblados, esto se muestra a continuación:

De la fórmula 01, tenemos,

$$L_{180^\circ} = \frac{2}{3} * e = \frac{2}{3} * 0.6 = 0.4 \text{ mm}$$

$$L_{90^\circ} = \Theta * (r_{int} + K * e) = \frac{90 * \pi}{180} (1 + 0.38 * 0.6) = 1.93 \text{ mm}$$

$$L_{100^\circ} = \Theta * (r_{int} + K * e) = \frac{100 * \pi}{180} (1 + 0.38 * 0.6) = 2.14 \text{ mm}$$

$$L_{35^\circ} = \Theta * (r_{int} + K * e) = \frac{35 * \pi}{180} (1 + 0.38 * 0.6) = 0.75 \text{ mm}$$

Po lo tanto el desarrollo de la chapa será:

$$\text{Desarrollo} = 2*(24.5+0.4+17+1.93+9+2.14+14+0.75+5)$$

$$\text{Desarrollo} = 149.44 \text{ mm}$$

## **b. Cálculo de la longitud de la flor**

Después del análisis de perfil a desarrollar, se opta por un diseño de flor que incremente  $15^\circ$  para formar el plegado de  $180^\circ$  y el dobléz a  $90^\circ$ ,  $12.5^\circ$  de incremento en la flor para formar el ángulo de  $100^\circ$  y un incremento de  $17.5^\circ$  para formar el dobléz final de  $35^\circ$ .

Por lo tanto:

Para el dobléz de  $180^\circ$  se necesitan  $180/15 = 12$  pasos.

Para el dobléz de  $90^\circ$  se necesitan  $90/15 = 6$  pasos.

Para el dobléz de  $100^\circ$  se necesitan  $100/12.5 = 8$  pasos.

Para el dobléz de  $35^\circ$  se necesitan  $35/17.5 = 2$  pasos.

Además, para cada paso, la cantidad de chapa que necesitamos para realizar el dobléz será de:

Para el dobléz de  $180^\circ$  se necesitan  $0.4/12 = 0.033$  mm

Para el dobléz de  $90^\circ$  se necesitan  $1.93/6 = 0.322$  mm

Para el dobléz de  $100^\circ$  se necesitan  $2.14/8 = 0.267$  mm

Para el dobléz de  $35^\circ$  se necesitan  $0.75/2 = 0.375$  mm

La tabla 5.3 muestran todos los resultados para el cálculo de la flor de conformado. Seguidamente la figura 5.6 y figura 5.7, muestran el esquema final de la flor de conformado, para poder entender la nomenclatura de la tabla. Estos resultados junto al esquema de la flor de conformado son enviados al taller de Matricería para la fabricación de los nuevos rodillos conformadores.

	PASO 1	PASO 2	PASO 3	PASO 4	PASO 5
<b>Lbase</b>	24.500	24.500	24.500	24.500	24.500
<b>L180°</b>	0.363	0.330	0.297	0.264	0.231
<b>Lintermedia</b>	-----	17.000	17.000	17.000	17.000
<b>L90°</b>	-----	1.600	1.600	1.600	1.600
<b>Llibre</b>	50.183	32.490	32.490	32.490	32.490
	PASO 6	PASO 7	PASO 8	PASO 9	PASO 10
<b>Lbase</b>	24.500	24.500	24.500	24.500	24.500
<b>L180°</b>	0.198	0.165	0.132	0.099	0.066
<b>Lintermedia</b>	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
<b>L90°</b>	1.600	1.600	1.280	0.960	0.640
<b>Llibre</b>	32.490	32.490	32.170	31.850	31.530
	PASO 11	PASO 12	PASO 13	PASO 14	PASO 15
<b>Lbase</b>	24.500	24.500	24.500	24.500	24.500
<b>L180°</b>	0.033	-----	-----	-----	-----
<b>Lintermedia 1</b>	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
<b>L90°</b>	0.320	-----	-----	-----	-----
<b>Lintermedia 2</b>	-----	-----	9.000	9.000	9.000
<b>L100°</b>	-----	-----	1.890	1.620	1.350
<b>Llibre</b>	31.210	30.890	21.640	21.370	21.100
	PASO 16	PASO 17	PASO 18	PASO 19	PASO 20
<b>Lbase</b>	24.500	24.500	24.500	24.500	24.500
<b>L180°</b>	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Lintermedia 1</b>	17.000	17.000	17.000	17.000	17.000
<b>L90°</b>	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Lintermedia 2</b>	9.000	9.000	9.000	9.000	9.000
<b>L100°</b>	1.080	0.810	0.540	0.270	-----
<b>Lintermedia 3</b>	-----	-----	-----	14.000	14.000
<b>L35°</b>	-----	-----	-----	0.375	-----
<b>Llibre</b>	20.830	20.560	20.290	5.375	5.000

Tabla 5.3. Tabla de cálculo de las longitudes de la flor (Bosch Perú, 2013)

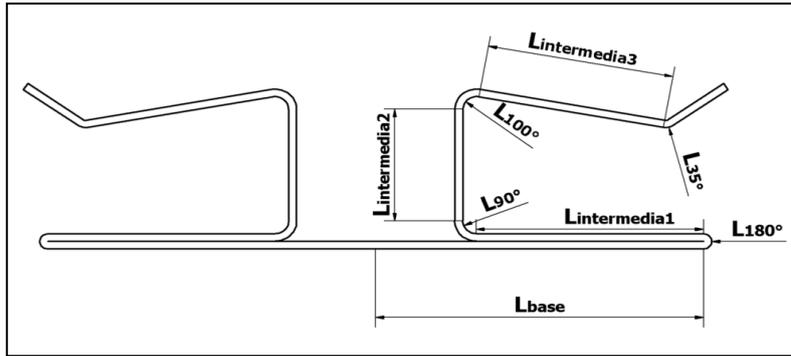


Figura 5.6. Esquema final de la flor de conformado (Bosch Perú, 2013)

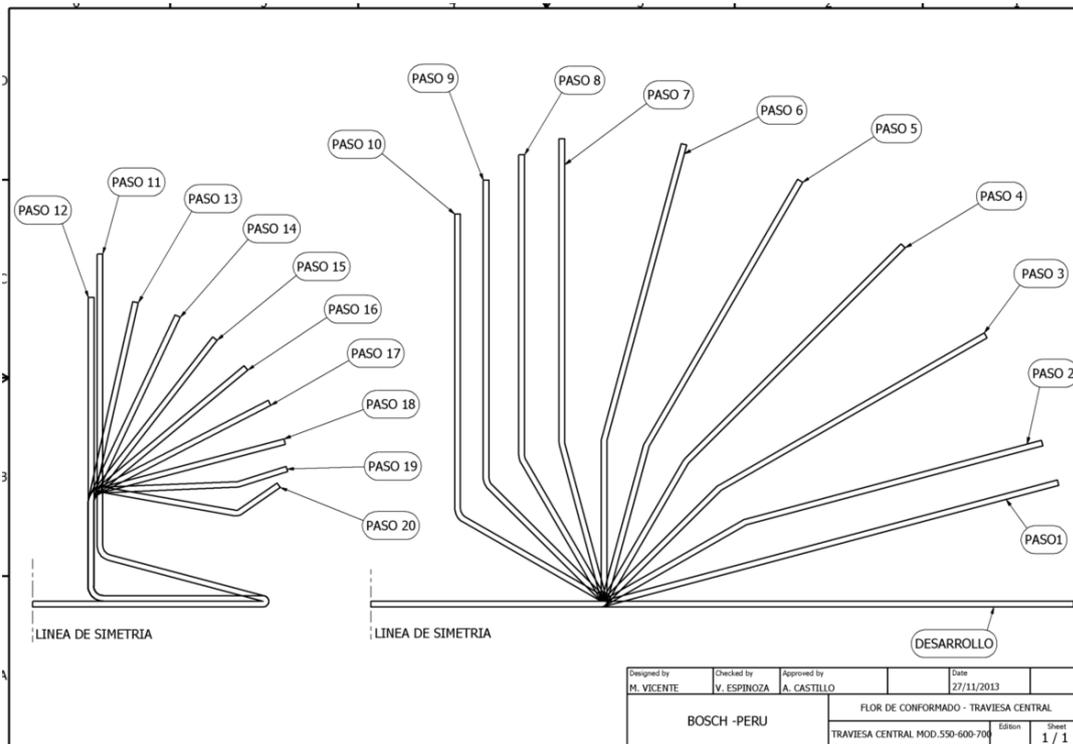


Figura 5.7. Flor de conformado paso a paso (Bosch Perú, 2013)

### 5.3.3. Modificaciones de matrices de estampado

Del análisis de los planos entregados por el área de ingeniería de desarrollo, se verificó que el estampado en la traviesa central de Bosch-España tiene por altura 1.5mm, mientras que la traviesa central de Bosch-Perú deberá tener 2.4mm. Debido a esta diferencia de alturas se requiere realizar modificaciones en las dos matrices de la estación de estampado. La figura 5.8, muestra el plano que representa la modificación a realizar.

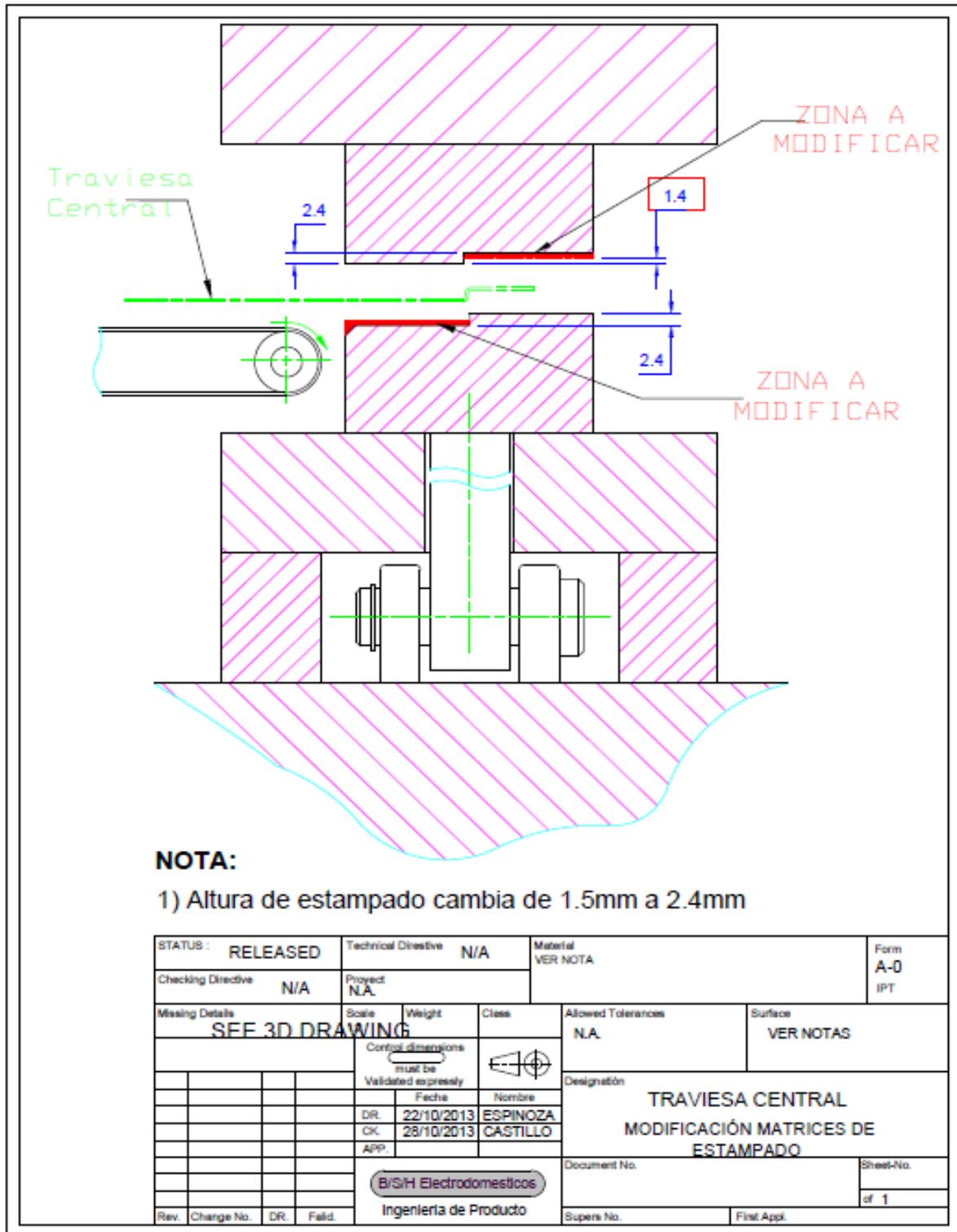


Figura 5.8. Plano de modificación en matriz de estampado (Bosch Perú, 2013)

#### 5.3.4. Modificaciones de matrices de troquel de agujeros de bisagra

Del análisis de los planos entregados por el área de ingeniería de desarrollo, se verificó que la traviesa central de Bosch-España tiene por diámetro de agujero de bisagra 5.2mm, separados entre centros 28.0mm mientras que en la traviesa central de Bosch-Perú deberá tener 6.0mm, separados entre centros 83.0mm. Debido a esta diferencia de diámetros de agujeros y de distancias entre centros se requiere realizar modificaciones en las dos matrices de la estación de troquelado de agujeros de bisagra. La figura 5.9, muestra la ubicación de los punzones en la matriz para la fabricación de traviesa central de Bosch-España. La figura 5.10, representa el plano con las modificaciones a realizar, según lo requerido por Bosch-Perú.

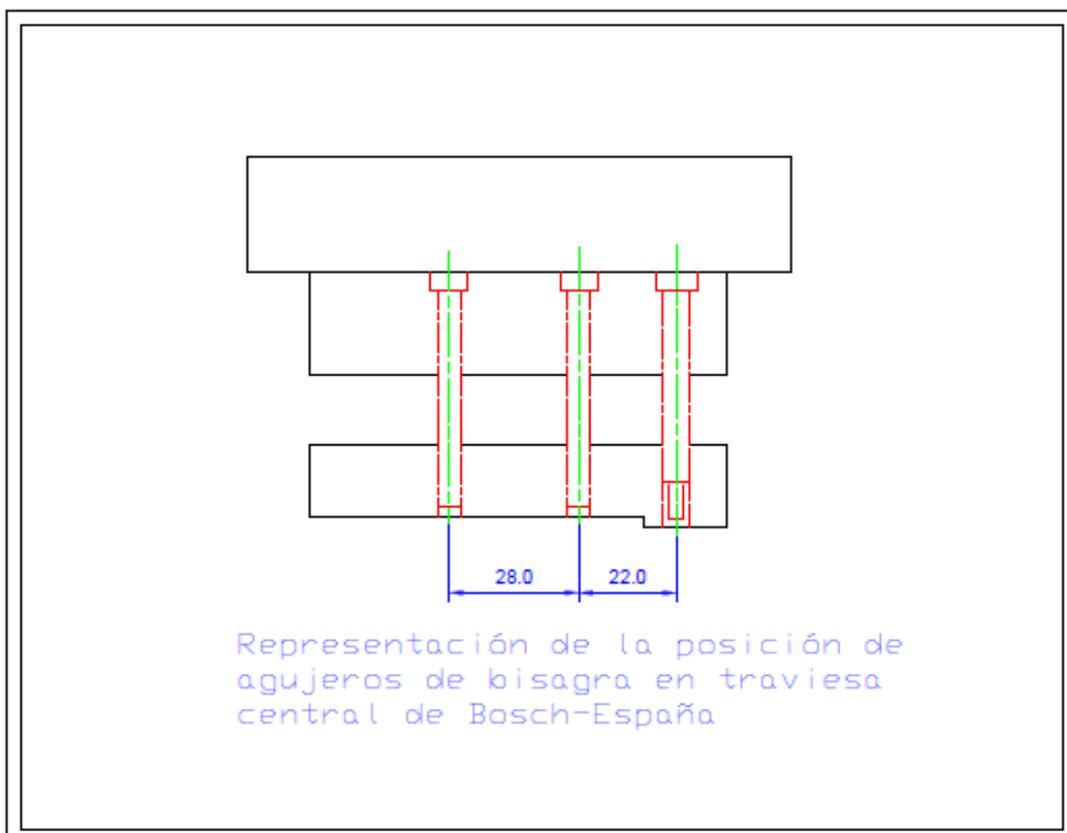


Figura 5.9. Ubicación de punzones de traviesa central Bosch-España (Bosch Perú, 2013)

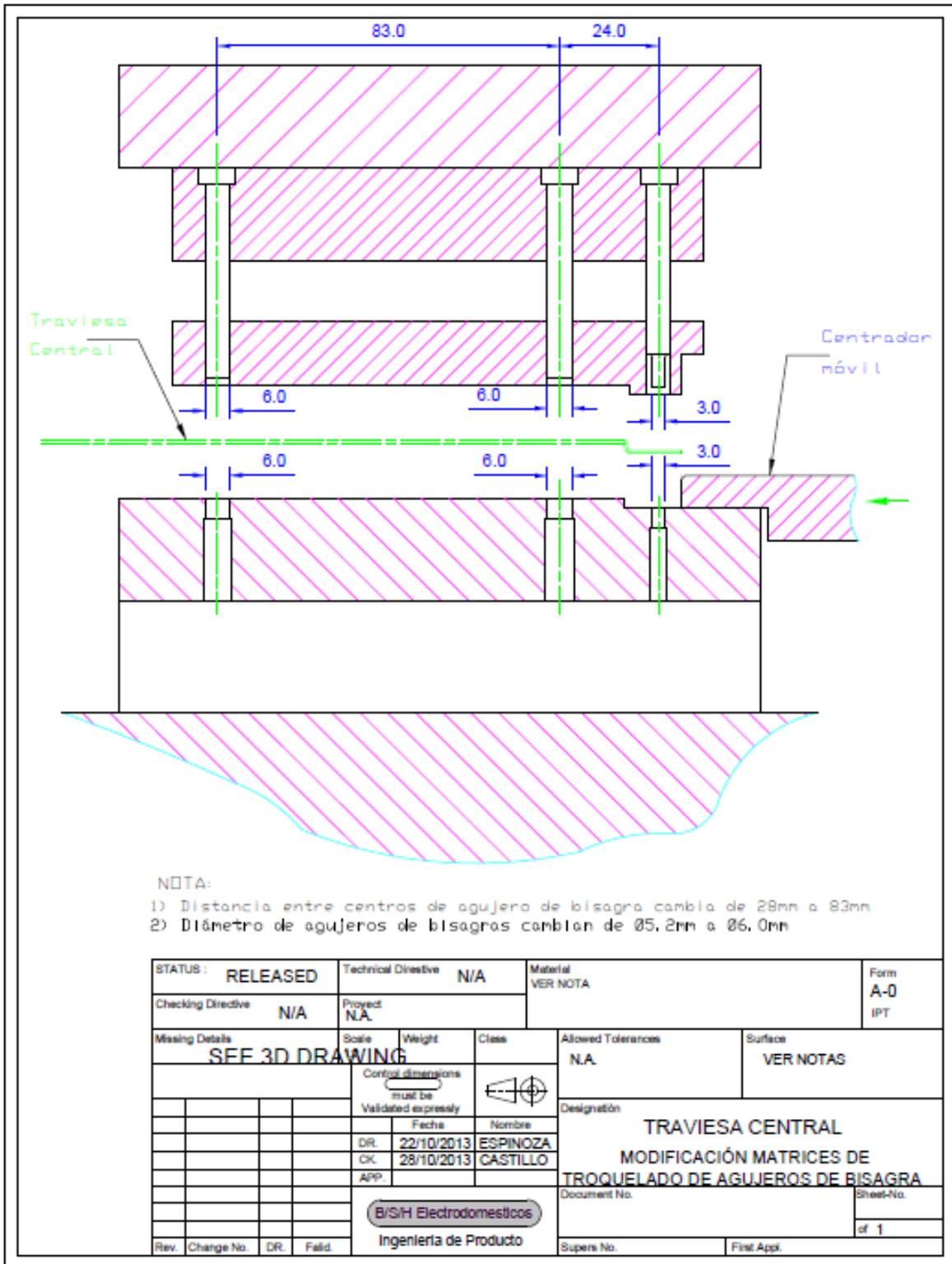


Figura 5.10. Plano de modificación de matriz de agujero de bisagra (Bosch Perú, 2013)

## 5.4. Resultado de las modificaciones

### 5.4.1. Análisis dimensional

El plano de diseño de la nueva traviesa central indica cotas que están bajo control dimensional. Para garantizar que el producto que hemos obtenido, luego de realizar las modificaciones, cumpla con estas especificaciones se realizará el análisis de la capacidad de proceso con ayuda del software estadístico MINITAB.

#### a. Procedimiento de análisis

En el área de Ingeniería Industrial de Bosch-Perú, para determinar la capacidad de un proceso se realizan los siguientes pasos (Bosch-Perú, 2013):

- Tomar una muestra no menor a 20 unidades.
- Ingresar la data al software MINITAB, y seguir los siguientes pasos:

**Primero**, realizar la gráfica de Distribución Normal, y verificar que el P-value deberá tener un valor mayor a 0.05, de lo contrario se deberá incrementar el número de muestras.

**Segundo**, realizar la gráfica de control para determinar los límites de control y las causas especiales de variación. De no observar causas especiales de variación (puntos rojos o llamados ruidos blancos), se procederá a realizar la gráfica de capacidad.

**Tercero**, realizar la gráfica de capacidad del proceso para evaluar los valores de los índices de Cp y Cpk. El valor de Cp (capacidad potencial del proceso) deberá ser mayor a 1.33 para considerar que el proceso es potencialmente capaz de cumplir con las especificaciones. El valor de Cpk (capacidad real del proceso) deberá ser mayor a 1.25 para considerar al proceso como satisfactorio. El índice de Cpk siempre va a ser menor o igual al Cp, cuando son muy próximos será indicación de que la media del proceso está muy cerca del punto medio de las especificaciones, por lo que la capacidad potencial y real son similares. Si el valor

del índice de Cpk es mucho más pequeño que el Cp, significa que la media del proceso está alejada del centro de las especificaciones, es decir el proceso esta descentrado. Si el índice de Cpk tiene valores iguales o menores a cero, indica que la media del proceso está fuera de especificaciones, por lo cual el proceso no será satisfactorio.

#### **b. Desarrollo del análisis**

De los tres modelos a ser fabricar por la máquina conformadora DIPER A21130, sólo se mostrará el análisis realizado a los modelos 550 y 600. Las cotas a analizar en cada uno de los modelos mencionados son:

- Distancia entre estampados para el modelo 550
- Ancho del Frente para el modelo 550
- Distancia entre estampado para el modelo 600

La tabla 5.4a, 5.4b y tabla 5.5a, 5.5b, muestra los resultados del análisis para la distancia entre estampados y ancho del frente respectivamente, para la traviesa central de modelo 550. Mientras que la tabla 5.6a, 5.6b, muestra el resultado del análisis de la distancia entre estampados para la traviesa central de modelo 600.

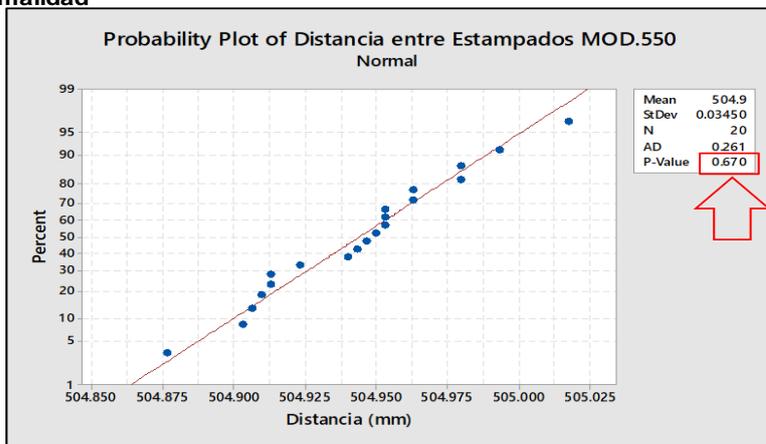
Item: Nueva Travesía Central Mod.550	Instrumento de medida: Vernier	Fecha: 16/04/2013
Número de muestras: 20 unidades	Cota a medir: 505.0mm	Hoja: 1/2
Cota: Distancia entre estampados	Tolerancia: +/- 0.2mm	Area: Ingeniería Industrial

**I. Análisis: Distancia Entre Estampados**

**a. Data recogida**

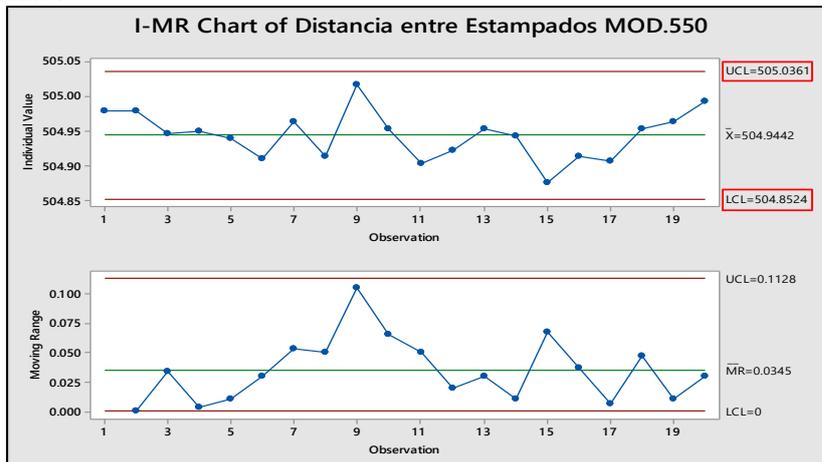
# de Muestra	Valor	# de Muestra	Valor
1	504.98	11	504.90
2	504.98	12	504.92
3	504.95	13	504.95
4	504.95	14	504.94
5	504.94	15	504.88
6	504.91	16	504.91
7	504.96	17	504.91
8	504.91	18	504.95
9	505.02	19	504.96
10	504.95	20	504.99

**b. Análisis de Normalidad**



De la gráfica se observa que valor del P-Value es 0.670, por lo tanto los datos recogidos tienden a una distribución normal.

**C. Gráfica de Control**

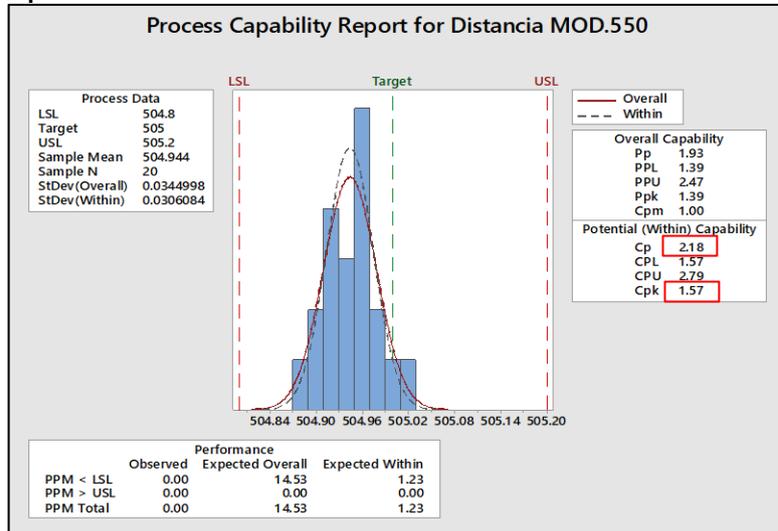


De la gráfica se afirma que el proceso está bajo control, ya que no se observa causa especial de variación (puntos rojos). Además, el valor de límite superior de control es 505.04mm, mientras que el valor del límite de control inferior es de 504.85mm.

Tabla 5.4.a. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD550 (Bosch Perú, 2014)

Item: Nueva Travesía Central Mod.550	Instrumento de medida: Vernier	Fecha: 16/04/2013
Número de muestras: 20 unidades	Cota a medir: 505.0mm	Hoja: 2/2
Cota: Distancia entre estampados	Tolerancia: +/- 0.2mm	Area: Ingeniería Industrial

**b. Análisis de la Capacidad del Proceso**



De la gráfica, se observa que el índice de  $C_p=2.18$  por lo cual el proceso cumple con las especificaciones. El índice  $C_{pk}=1.57$ , esto indica que la media del proceso esta levemente sesgada del punto medio de las especificaciones.

**II. Conclusiones**

- La fabricación de traviesas para el módulo 550 cumplirá con las especificaciones para la distancia entre estampados.
- El proceso es potencialmente capaz para producir dentro de las especificaciones.
- El proceso esta levemente sesgado respecto al punto medio de especificaciones, sin embargo esto no es significativo.
- La muestra esta APROBADA para la distancia entre estampados de las traviesas de módulo 550.

Tabla 5.4.b. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD550 (Bosch Perú, 2014)

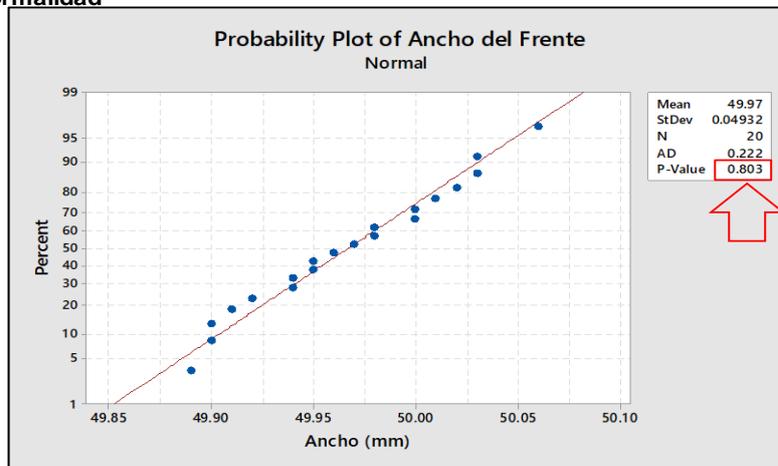
Item: Nueva Travesía Central Mod.550	Instrumento de medida: Vernier	Fecha: 15/04/2013
Número de muestras: 20 unidades	Cota a medir: 50.0mm	Hoja: 1/2
Cota: Distancia entre estampados	Tolerancia: +/- 0.2mm	Area: Ingeniería Industrial

## I. Análisis: Distancia Entre Estampados

### a. Data recogida

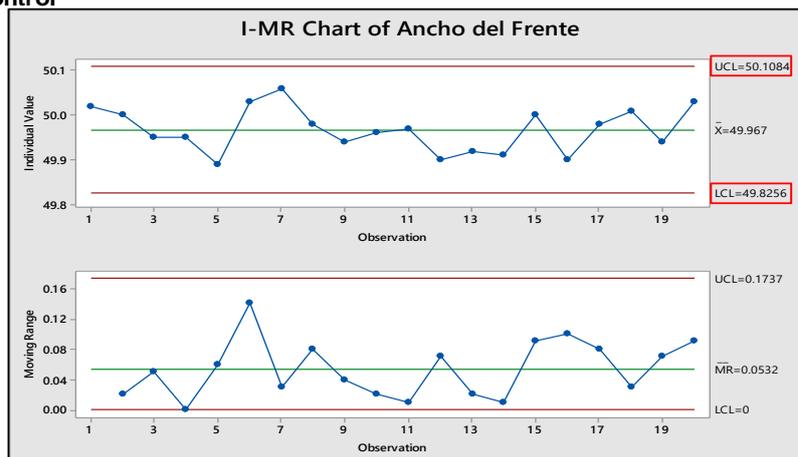
# de Muestra	Valor	# de Muestra	Valor
1	50.02	11	49.92
2	50.00	12	49.91
3	49.95	13	50.00
4	49.95	14	49.90
5	49.89	15	49.98
6	50.03	16	50.01
7	50.06	17	49.94
8	49.98	18	50.03
9	49.94	19	49.94
10	49.96	20	49.96

### b. Análisis de Normalidad



De la gráfica se observa que valor del P-Value es 0.803, por lo tanto los datos recogidos tienden a una distribución normal.

### C. Gráfica de Control

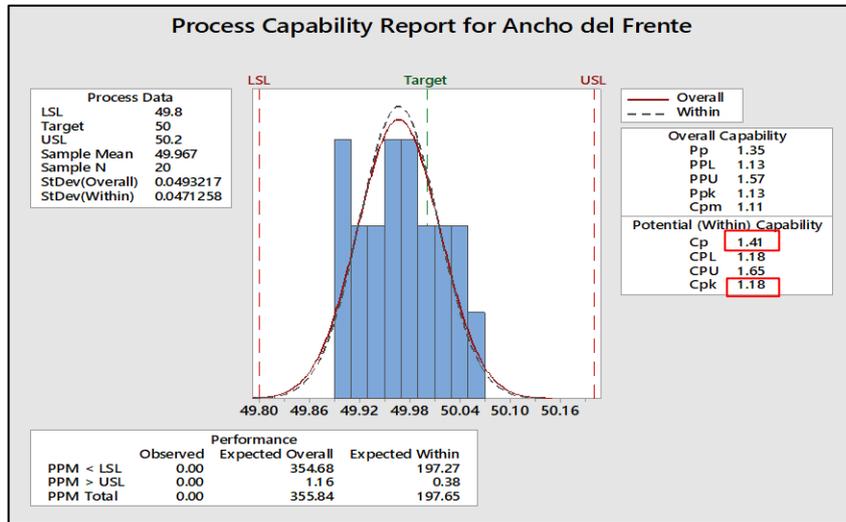


De la gráfica se afirma que el proceso está bajo control, ya que no se observa causa especial de variación (puntos rojos). Además, el valor de límite superior de control es 50.11, mientras que el valor del límite de control inferior es de 49.83.

Tabla 5.5.a. Análisis dimensional de ancho del frente MOD550 (Bosch Perú, 2013)

Item: Nueva Travesía Central Mod.550	Instrumento de medida: Vernier	Fecha: 15/04/2013
Número de muestras: 20 unidades	Cota a medir: 50.0mm	Hoja: 2/2
Cota: Distancia entre estampados	Tolerancia: +/- 0.2mm	Area: Ingeniería Industrial

**b. Análisis de la Capacidad del Proceso**



De la gráfica, se observa que el índice de Cp=1.41 por lo cual el proceso cumple con las especificaciones. El índice Cpk=1.18, esto indica que la media del proceso esta levemente sesgada del punto medio de las especificaciones.

**II. Conclusiones**

- La fabricación de traviesas para el módulo 600 cumplirá con las especificaciones para el ancho del
- El proceso es potencialmente capaz para producir dentro de las especificaciones.
- El proceso esta levemente sesgado respecto al punto medio de especificaciones, sin embargo esto no es significativo.
- La muestra esta APROBADA para el ancho del frente de las traviesas de módulo 600.

Tabla 5.5.b. Análisis dimensional de ancho del frente MOD550 (Bosch Perú, 2014)

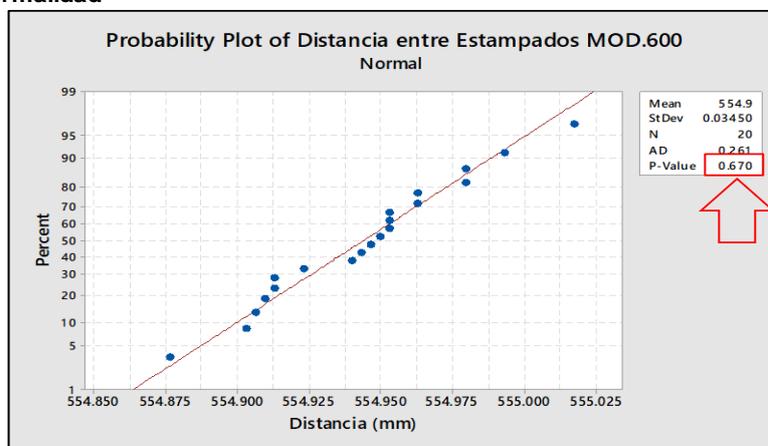
Item: Nueva Travesía Central Mod.600	Instrumento de medida: Vernier	Fecha: 16/04/2013
Número de muestras: 20 unidades	Cota a medir: 555.0mm	Hoja: 1/2
Cota: Distancia entre estampados	Tolerancia: +/- 0.2mm	Area: Ingeniería Industrial

## I. Análisis: Distancia Entre Estampados

### a. Data recogida

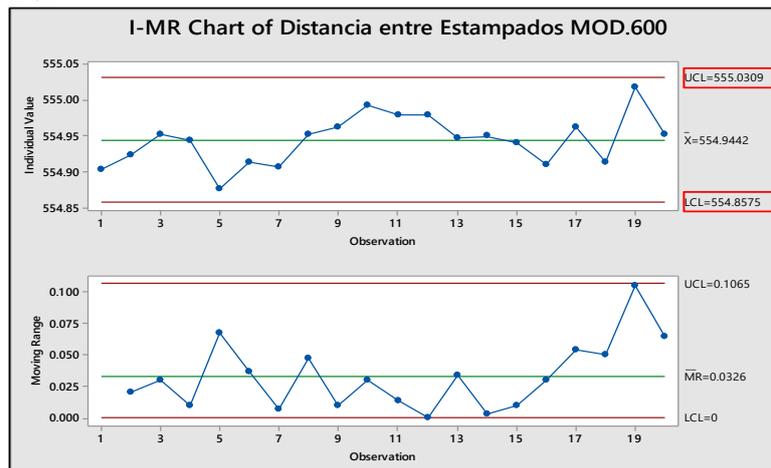
# de Muestra	Valor	# de Muestra	Valor
1	554.90	11	554.98
2	554.92	12	554.98
3	554.95	13	554.95
4	554.94	14	554.95
5	554.88	15	554.94
6	554.91	16	554.91
7	554.91	17	554.96
8	554.95	18	554.91
9	554.96	19	555.02
10	554.99	20	554.95

### b. Análisis de Normalidad



De la gráfica se observa que valor del P-Value es 0.670, por lo tanto los datos recogidos tienden a una distribución normal.

### C. Gráfica de Control

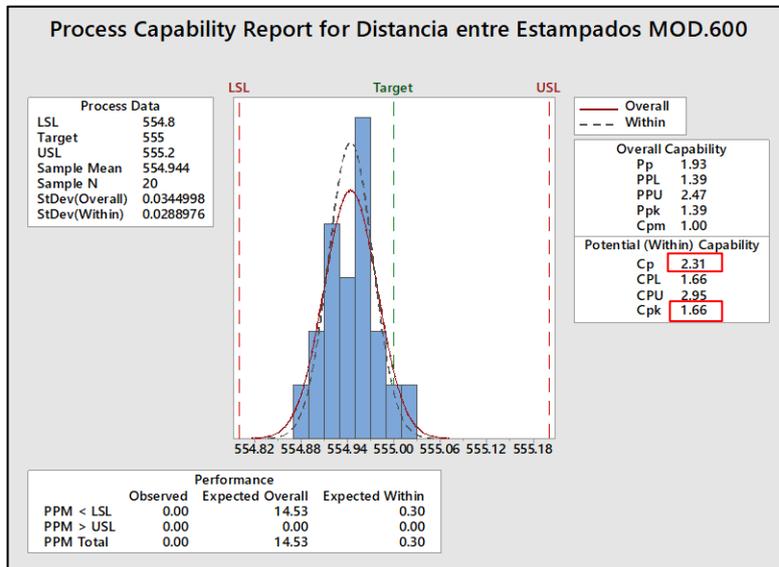


De la gráfica se afirma que el proceso está bajo control, ya que no se observa causa especial de variación (puntos rojos). Además, el valor de límite superior de control es 555.03mm, mientras que el valor del límite de control inferior es de 554.86mm.

Tabla 5.6.a. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD600 (Bosch Perú, 2014)

Item: Nueva Travesía Central Mod.600	Instrumento de medida: Vernier	Fecha: 16/04/2013
Número de muestras: 20 unidades	Cota a medir: 556.0mm	Hoja: 2/2
Cota: Distancia entre estampados	Tolerancia: +/- 0.2mm	Area: Ingeniería Industrial

## b. Análisis de la Capacidad del Proceso



De la gráfica, se observa que el índice de  $C_p=2.31$  por lo cual el proceso cumple con las especificaciones. El índice  $C_{pk}=1.66$ , esto indica que la media del proceso esta levemente sesgada del punto medio de las especificaciones.

## II. Conclusiones

- La fabricación de traviesas para el módulo 600 cumplirá con las especificaciones para la distancia entre estampados.
- El proceso es potencialmente capaz para producir dentro de las especificaciones.
- El proceso esta levemente sesgado respecto al punto medio de especificaciones, sin embargo esto no es significativo.
- La muestra esta APROBADA para la distancia entre estampados de las traviesas de módulo 600.

Tabla 5.6.b. Análisis dimensional de distancia entre estampado MOD600 (Bosch Perú, 2014)

#### 5.4.2. Prueba de adherencia

Debido a que la traviesa que se fabrica actualmente está hecha de acero LAF y la que se fabricará con la máquina conformadora DIPER 21130 es de acero galvanizado, se debe realizar la prueba de adherencia, para garantizar la adherencia de la pintura a este nuevo sustrato (acero galvanizado). A continuación se indica el procedimiento para realizar esta prueba según instructivo del laboratorio físico-químico de BSH-Perú (IN.LFQ.008), que a la letra indica:

##### a. Descripción de los equipos y materiales

- KIT ELCOMETER 107 6 x 2mm
- Cinta adhesiva ASTM 3359
- Tijera
- Brocha
- Borrador

##### b. Descripción del procedimiento

- Limpiar con un paño las superficie (parte frontal) de la traviesa central.
- Con ayuda de la cuchilla, presionar suavemente hacia abajo y realizar un trazo continuo de aproximadamente 20mm de longitud.

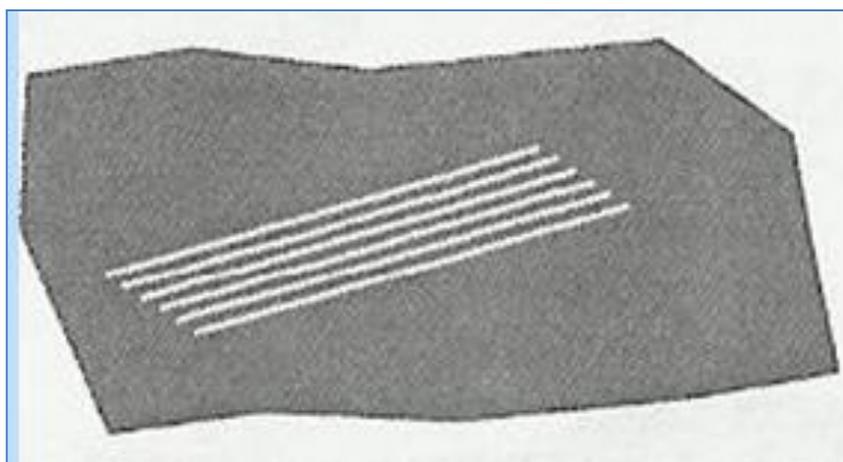


Figura 5.11. Trazo dejado por la cuchilla (Bosch Perú, 2013)

- Realizar un trazo de 90° sobre el primer trazo, repitiendo el paso anterior. Con estos dos trazos se creará una cuadrícula.



Figura 5.12. Trazo perpendicular al anterior (Bosch Perú, 2013)

- Con ayuda del cepillo, limpiar ligeramente para remover remanentes. Inspeccionar, para asegurar que el corte haya penetrado el recubrimiento.

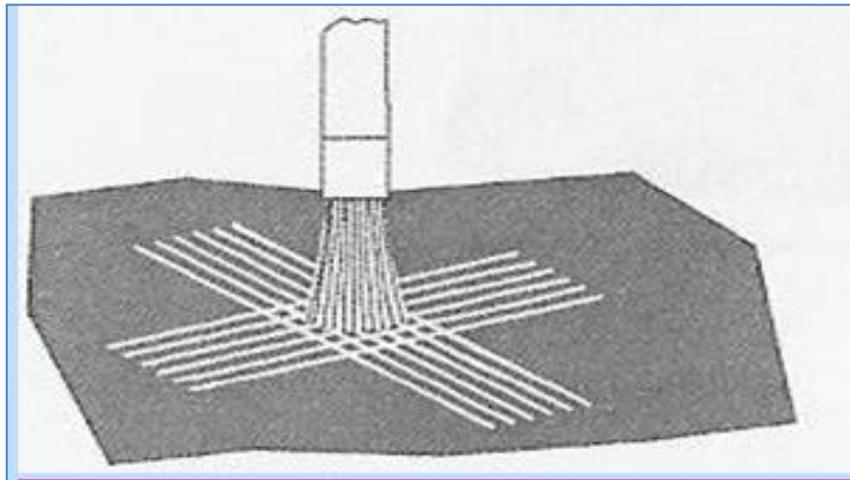


Figura 5.13. Limpieza con ayuda de cepillo (Bosch Perú, 2013)

- Colocar la cinta adhesiva en la cuadrícula y frotar usando el borrador de un lápiz. Asegurando una buena adhesión entre la cinta y el recubrimiento.

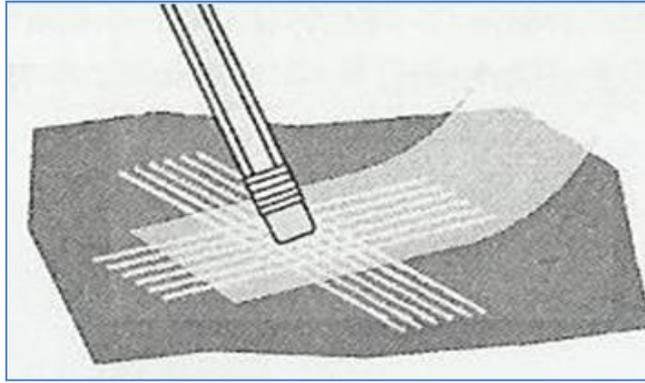


Figura 5.14. Asegurar una buena adhesión con ayuda de borrador (Bosch Perú, 2013)

- En un lapso de 90 segundos ( $\pm 30$  segundos) de aplicación, remover la cinta en un ángulo de  $180^\circ$  de la superficie del recubrimiento.

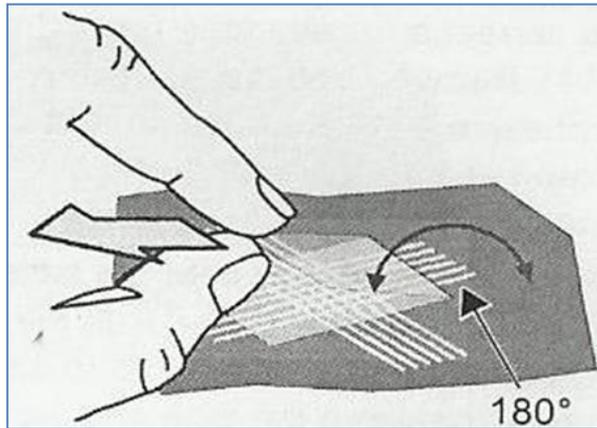


Figura 5.15. Removiendo cinta en ángulo de  $180^\circ$  (Bosch Perú, 2013)

- Evalúa los resultados según tabla 5.8 Cartilla Patrón.
- Los resultados se reportan en función del porcentaje de área removida, la cual se indica en la cartilla patrón.

	APROBADO		DESAPROBADO	
	Clasificación	% área removida	Clasificación	% área removida
<b>Adherencia</b>	5B	0	4B - 0B	> 5%

Tabla 5.7. Nivel de aprobación para prueba de adherencia (Bosch Perú, 2013)

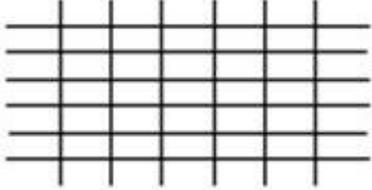
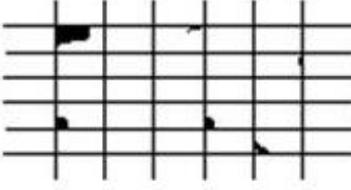
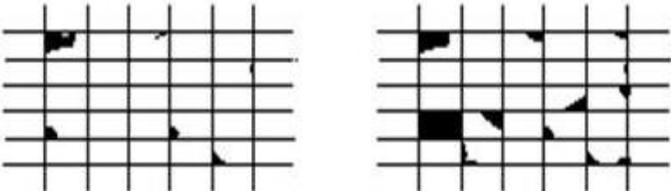
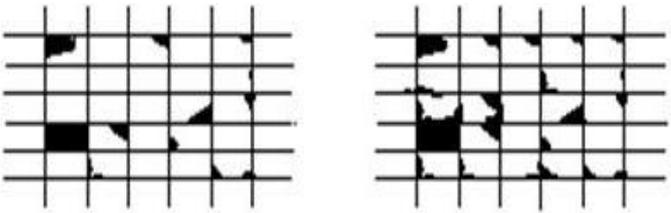
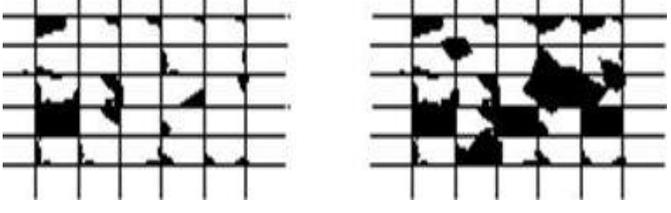
CLASIFICACIÓN	PORCENTAJE DE AREA REMOVIDA	SUPERFICIE DE AREA RETICULADA DE PINTURA QUE HAN SIDO REMOVIDAS
5B	0% NINGUNO	
4B	MENOR A 5%	
3B	5 - 15%	
2B	15 - 35%	
1B	35 - 65%	
0B	MAYOR QUE 65%	

Tabla 5.8. Cartilla patrón (Bosch Perú, 2013)

### **5.4.3. Prueba de Impacto**

Al igual que la prueba de adherencia, la prueba de impacto se debe realizar para garantizar la adherencia de la pintura a este nuevo sustrato (acero galvanizado). A continuación se indica el procedimiento para realizar esta prueba según instructivo del laboratorio físico-químico de BSH-Perú (IN.LFQ.013), que a la letra indica:

#### **c. Descripción de los equipos y materiales**

- Paño
- Probador de impacto universal Modelo #172 Paul N. Gardner Company

El cual incluye los siguientes pesos:

Peso aplicado: 0.885 kg

Peso del bloque semiesférico: 0.424 kg

#### **d. Descripción del procedimiento**

- Las muestras deben ser superficies planas, es decir que no presenten deformaciones u ondulaciones que afecten los resultados finales.
- La cantidad mínima de muestra es 01 por tipo de recubrimiento.
- Limpiar con el paño la superficie a probar.
- Colocar la muestra entre el bloque semiesférico y la base, de tal manera que la superficie del recubrimiento entre en contacto con el bloque semiesférico.
- Dejar caer libremente el peso de aplicado el cual es 0.885 kg desde una altura de 1 metro.
- Dejar caer libremente el peso de aplicación nuevamente desde una altura de 1 metro.
- Repetir soltando el peso de aplicación desde el mismo nivel anterior para confirmar la lectura inicial o desde otra altura.

**e. Evaluación de los resultados**

Se evaluará el resquebrajamiento del recubrimiento orgánico aplicado en una superficie metálica o no metálica, según tabla 5.9.

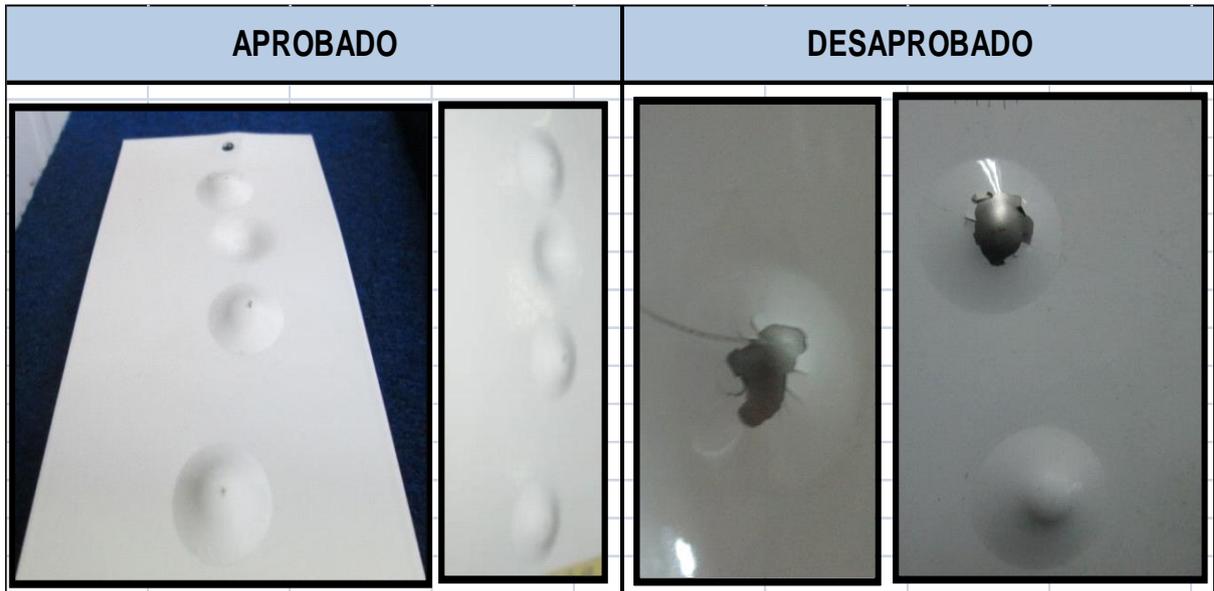


Tabla 5.9. Condiciones de aprobación para prueba de impacto (Bosch Perú, 2013)

**5.4.4. Resultados de la prueba de adherencia e impacto**

Los resultados de las pruebas de adherencia e impacto se muestran en las tablas 5.10.a y 5.10.b. Este es el informe emitido por el laboratorio físico-químico de la empresa y consta de 2 hojas, las cuales se detallan a continuación.

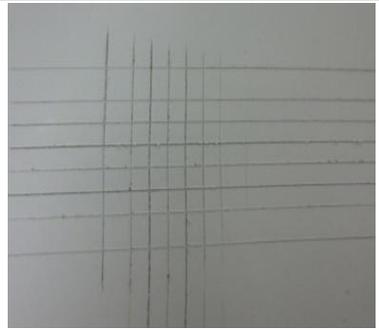
INFORME DE LABORATORIO FISICOQUIMICO			<b>B/S/H/</b>		
			BSH Electrodomésticos S.A.C		
			CÓDIGO		HOJA
			FR.QM.008		1/2
No. DE SOLICITUD	INGRESO DE MUESTRA	INICIO DE ENSAYO		GUIA DE REMISION	
LABFIQUI072814	ABRIL 29, 2014 15:00	ABRIL 29, 2014 17:57		--	
CODIGO SIC	DESCRIPCION	PROVEEDOR		FABRICANTE	
27467	BOB AC. GALV. (0.6 X 1200)mm	ACERLORMITAL INTERNATIONAL LUXEMBURG S.A.		ACERLORMITAL INTERNATIONAL LUXEMBURG S.A.	
AREA SOLICITANTE	MOTIVO DEL ENSAYO		ESTADO		
INGENIERIA DE DESARROLLO	APROBACION DE MUESTRA - PARA USO EN TRAVIEZAS CONFORMADAS		MUESTRA INGRESADA		
ENSAYOS					
1.- ESPESOR DE RECUBRIMIENTO 2.- ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO 3.- PRUEBA DE IMPACTO					
RESULTADOS DE ANALISIS					
Mediante las siguientes pruebas se analiza los resultados de la muestra de Bobina de Ac. Galv. Se conformaron, traviesas centrales, a fin de que sean liberada para su uso conformado y pintado por la cabina de pintura para los colores Gris y Blanco, según matriz :					
1.- ESPESOR DE RECUBRIMIENTO					
EVALUACION EN PIEZA CONFORMADA					
MUESTRA	COLOR	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	CONCLUSION
TRAVIESA CENTRAL MOD 550	GRIS	MICRAS	83.91	50 - 100	APROBADO
	BLANCO	MICRAS	73.46		APROBADO
TRAVIESA CENTRAL MOD 600	GRIS	MICRAS	85.79		APROBADO
	BLANCO	MICRAS	73.36		APROBADO
COMENTARIO: Las muestras se encuentran dentro de especificacion de espesor.					
2.- ADHERENCIA DEL RECUBRIMIENTO					
EVALUACION EN PIEZA CONFORMADA					
MUESTRA	COLOR	UNIDAD	RESULTADO	ESPECIFICACION	CONCLUSION
TRAVIESA CENTRAL MOD 550	GRIS	VISUAL	5B	5B (0% AREA REMOVIDA)	APROBADO
	BLANCO	VISUAL	5B		APROBADO
TRAVIESA INFERIOR MOD 600	GRIS	VISUAL	5B		APROBADO
	BLANCO	VISUAL	5B		APROBADO
COMENTARIO: Las muestras no presentan desprendimiento de pintura al realizar la prueba de cuadrícula.					
					
ADHERENCIA EN LA ZONA CENTRAL			ADHERENCIA EN LOS BORDES		

Tabla 5.10.a. Informe de prueba de adherencia e impacto (Bosch Perú, 2014)

<b>INFORME DE LABORATORIO FISICOQUIMICO</b>	<b>B/S/H/</b>	
	BSH Electrodomésticos S.A.C	
	CÓDIGO	HOJA
	FR.QM.008	2/2

2.- EVALUACION ADICIONAL RESISTENCIA AL IMPACTO

Una evaluación adicional a los ensayos anteriormente descritos, es la de resistencia al impacto, ya que se desea evaluar el comportamiento de la pintura frente a un fuerte impacto (ensayo referencial).

**EVALUACIONES EN PLANCHA**

MUESTRA	UNIDAD	RESULTADO	FOTO
1	VISUAL	DESPRENDIMIENTO	
2	VISUAL	DESPRENDIMIENTO	

COMENTARIO : Las muestras fueron sometidas a un golpe desde 1m de altura con 0.9 Kg, se observa desprendimiento de pintura. Sin embargo este desprendimiento no es significativo ya que se obtuvo en plancha sin conformar y como pieza conformada solo se observo 1 a 2 fallos de un total de 10 a 15 golpes

TAMANO DE MUESTRA: 02 PLANCHAS

<b>CONCLUSIONES</b>		
<p>De acuerdo a la solicitud indicada en el requerimiento, se evaluo la bobina de Ac. Galvanizado en traviesas centrales e inferiores en color gris y blanco. Se aprueba de acuerdo a los ensayos indicados en la Matriz para TRAVIESAS CENTRALES.</p> <p>Asimismo se evidencia que cuando se tiene un optimo desempeño de los baños de la linea de fosfatizado se tiene como resultado una OPTIMA adherencia de la pintura en el sustrato.</p> <p>Se recomienda mantener estos estandares para el pintado de este material</p>		
<input checked="" type="checkbox"/> <b>APROBADO</b>	<input type="checkbox"/> <b>RECHAZADO</b>	<input type="checkbox"/> <b>INFORMATIVO</b>
<u>30-abr-2014</u> <b>FECHA</b>	<u>MAVET ESCALANTE</u> <b>REALIZADO POR</b>	<u>SONIA CHAVEZ</u> <b>APROBADO POR</b>
<p><b>Nota.-</b> La opción Informativo solo se usará en aquellos Informes que documentan un ensayo que no está formalmente establecido en matriz o planos, es decir que sus especificaciones no estan definidas ni desarrolladas. Servirá para validar nuevas pruebas (validación en laboratorio, proceso, campo), para informes de correlación (donde debe haber repetibilidad y reproducibilidad) y también podrán ser utilizados para sustentos de PD's. No podrá ser usado para aprobación de IAM's ni como sustento único de nuevos desarrollos.</p>		
<b>C.C GARANTIA DE LA CALIDAD / FILE</b>		<b>V01</b>

Tabla 5.10.b. Informe de prueba de adherencia e impacto (Bosch Perú, 2014)

## **5.5. Condiciones de operatividad de la máquina**

### **5.5.1. Instructivo de operación**

Para asegurar la correcta operación de la máquina conformadora DIPER 21130, se procedió a realizar el instructivo de operación, en la cual se detalla los siguientes aspectos:

- Plano de distribución de las distintas estaciones.
- Reconocimiento de las estaciones de trabajo.
- Productos a obtener.
- Secuencia de operación en modo manual y automático.
- Secuencia para cambio de modelos.
- Señales de alarma.

A continuación se muestran dos de las nueve hojas de las que consta este instructivo, la hoja número 01 en la cual se presenta de manera panorámica la ubicación de la máquina, en la cual se puede observar que está debidamente delimitada por un cerco perimétrico, esto con la finalidad de restringir el acceso a personal no autorizado y evitar accidentes.

La hoja número 03, muestra los diversos modelos de traviesa central a obtener con la operación de esta máquina, para esto se debe realizar una secuencia determinada en las siguientes hojas que se incluyen en este instructivo.

El instructivo de operación completo se adjunta en el anexo A.

INSTRUCTIVO DE OPERACION

Fecha de Revisión	<b>CONFORMADORA DE TRAVIESA CENTRAL NO-FROST</b>	
	Área: Mecánica	
17/03/2014	Diseñado por: Procesos - I.E. - M. Vicente	Página N°: 1/9
	Aprobado por: Jefe I.E. - A. Castillo	Producto: Todos los Modelos Traviesa Central No-frost

\* Máquina Conformadora de Traviesa Central No-Frost



REVISIÓN: 01

Figura 5.16. Instructivo de operación, hoja 1/9(Bosch Perú, 2014)

		<b>B/S/H/</b>	
<b>INSTRUCTIVO DE OPERACION</b>			
<b>CONFORMADORA DE TRAVIESA CENTRAL NO-FROST</b>			
<b>Fecha de Revisión</b>	<b>Area:</b> Mecánica	<b>Página N°:</b>	<b>3/9</b>
<b>17/03/2014</b>	<b>Diseñado por:</b> Procesos - L.E. - M. Vicante <b>Aprobado por:</b> Jefe L.E. - A. Castillo	<b>Producto:</b>	Todos los Modelos Traviesa Central No-frost
<b>* Producto a Obtener</b>			
			
			<small>REVISIÓN: 01</small>

Figura 5.17. Instructivo de operación, hoja 3/9 (Bosch Perú, 2014)

### **5.5.2. Instructivo de mantenimiento autónomo**

Para garantizar la continuidad de la operación de la maquina conformadora DIPER 21130 y como requerimiento de la empresa es necesario realizar el instructivo de mantenimiento autónomo.

En el mantenimiento autónomo, se describen actividades como:

- Limpieza básica de distintas partes y mecanismos.
- Verificación de niveles de fluidos.
- Lubricación básica de diversos sistemas y mecanismos
- Frecuencia y tiempo para realizar las actividades en mención.

Todas estas actividades serán realizadas por el operador de la máquina, con la finalidad de alargar la vida útil de la máquina, así como ayudar a la detección de averías incipientes. Este instructivo consta de trece hojas en las cuales se dan las pautas necesarias para que el operario pueda cumplir con las actividades que se le asigne.

A continuación se muestran las tablas 5.11 y 5.12 que resumen las actividades de limpieza y lubricación, las cuales llevan el nombre de:

- PROGRAMA DE LIMPIEZA: CONFORMADORA DE TRAVIESA CENTRAL NO-FROST
- PROGRAMA DE LUBRICACIÓN: CONFORMADORA DE TRAVIESA CENTRAL NO-FROST

El instructivo de mantenimiento autónomo completo se adjunta en el anexo A.



Nº	CODIGO DE INSTRUCTIVO	¿QUÉ LIMPIAR?	ÁREA (¿DÓNDE?)	¿CÓMO?	FRECUENCIA			¿QUIÉN?
					Diario	Semanal	Mensual	
1	IMA-340-100	Línea de rodillos conformadores.	Mecanica de Refrigeradoras	Con aire a presión, trapos y brocha. Usar lentes claros y guantes gris.	X			Operador
2	IMA-340-100	Contenedores de merma.	Mecanica de Refrigeradoras	Colocar a contenedor de residuos metálicos la merma, usar lentes claros y guantes gris.	X			Operador
3	IMA-340-100	Guías y fajas transportadoras de pieza conformada.	Mecanica de Refrigeradoras	Con aire a presión, trapo y brocha, usar guantes gris.	X			Operador
4	IMA-340-100	Limpieza exterior de tablero eléctrico.	Mecanica de Refrigeradoras	Con trapo, usar guantes gris.	X			Operador
5	IMA-340-100	Limpieza exterior de tablero de control TC-1.	Mecanica de Refrigeradoras	Con trapo, usar guantes gris.	X			Operador
6	IMA-340-100	Limpieza exterior de tablero de control TC-2.	Mecanica de Refrigeradoras	Con trapo, usar guantes gris.	X			Operador
7	IMA-340-100	Conecciones de mangueras hidraulicas de tanque hidraulico.	Mecanica de Refrigeradoras	Con trapo, usar guantes gris.	X			Operador
8	IMA-340-101	Filtro de línea de aire principal.	Mecanica de Refrigeradoras	Con trapo y solvente de limpieza (base industrial 3), usar guantes gris		X		Operador
9	IMA-340-101	Filtro de línea de aire principal superior.	Mecanica de Refrigeradoras	Con trapo y solvente de limpieza (base industrial 3), usar guantes gris		X		Operador
10	IMA-340-101	Elemento filtrante del ventilador del motorreductor.	Mecanica de Refrigeradoras	Con aire a presión, , usar guantes gris.		X		Operador

Tabla 5.11. Programa de limpieza de conformadora DIPER A21130 (Bosch Perú, 2014)



Nº	CODIGO DE INSTRUCTIVO	¿QUÉ LUBRICAR?	ÁREA (¿DÓNDE?)	¿CÓMO?	FRECUENCIA				¿QUIÉN?
					Diario	Semanal	Quincenal	Mensual	
1	IMA-340-102	Deposito del sistema de lubricación del material.	Mecanica de Refrigeradoras	aceite 3B3 PROTECTOF	X				Operador
2	IMA-340-102	Unidad de mantenimiento	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite REGAL & 32.	X				Operador
3	IMA-340-103	Lubricador de línea de aire principal	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite REGAL & 32.		X			Operador
4	IMA-340-103	Lubricador de línea de aire de estación de troquelado de agujeros de bisagra.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite REGAL & 32.		X			Operador
5	IMA-340-103	Columnas guía de mesa de brazo móvil en estación de troquelado de agujeros de bisagra.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite MEROPA 320		X			Operador
6	IMA-340-103	Columnas guía de sistema elevador móvil en estación de troquelado de agujeros de bisagra.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite MEROPA 320		X			Operador
7	IMA-340-103	Guías de correderas de Estación de precorte.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite MEROPA 320		X			Operador
8	IMA-340-103	Guías de correderas de Estación de corte.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite MEROPA 320		X			Operador
9	IMA-340-103	Guías de correderas de mesa de brazo móvil en estación de troquelado de agujeros de bisagra.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite MEROPA 320		X			Operador
10	IMA-340-103	Guías de correderas de matriz móvil en estación de troquelado de agujeros de bisagra.	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite MEROPA 320		X			Operador
11	IMA-340-103	Deposito de aceite en unidades hidráulicas (03 unidades)	Mecanica de Refrigeradoras	Aceite RANDO HD 68		X			Operador
12	IMA-340-104	Punto de engrase de guía de material al inicio de la línea de rodillos.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador
13	IMA-340-104	Punto de engrase en matriz móvil de estación de embutido.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador
14	IMA-340-104	Sistema engrane-cremallera en matriz móvil de estación de embutido.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador
15	IMA-340-104	Sistema engrane-cremallera de brazo móvil en estación de troquel de agujero de bisagra.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador
16	IMA-340-104	Punto de engrase de engranes superiores en sistema de transmisión de movimiento a rodillos.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador
17	IMA-340-104	Punto de engrase de rodamientos y ejes de rodillos conformadores.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador
18	IMA-340-104	Punto de engrase de engranes inferiores en sistema de transmisión de movimiento a rodillos.	Mecanica de Refrigeradoras	Grasa MULTIFAK EP2				X	Operador

Tabla 5.12. Programa de lubricación de conformadora DIPER A21130 (Bosch Perú, 2014)

## 5.6. Análisis Económico

### 5.6.1 Costo de las modificaciones

La tabla 5.13, muestra los gastos para la realización de las modificaciones de la máquina conformadora DIPER A21130. Cabe resaltar que los gastos en recursos están considerados en un periodo de seis meses, periodo de duración de proyecto.

<b>RECURSOS</b>	<b>COSTO (S/.)</b>
Ingeniero de Procesos	13500.00
Coordinador de Matricería	9000.00
Diseñador CAD	6000.00
Analista de Laboratorio de Calidad	250.00
Técnico Matricero 1	7200.00
Técnico Matricero 2	7200.00
Técnico Matricero 3	4800.00
<b>Dispositivos, Materiales e Insumos</b>	
Fabricación de Matriz de pre-corte	18000.00
Materiales para nuevos rodillos	5000.00
Fajas transportadoras	1000.00
<b>Otros</b>	
Impresión de Instructivos	50.00
Soporte de técnico de mantenimiento	1000.00
<b>TOTAL</b>	<b>73000.00</b>

Tabla 5.13. Costos de modificación (Elaboración propia, 2015)

### 5.6.2 Costo de producción actual

Los costos de producción actual están estimados para la fabricación de 7200 traviesas centrales por mes, es decir 300 unidades diarias, estos se muestran en la tabla 5.14.

Ítem	COSTO (S/.)
Operario Prensita 1	1200.00
Operario Prensita 2	1200.00
Operario Prensita 3	1200.00
Técnico Soldador	1500.00
Material (Acero LAF)	10800.00
Servicio de Zincado	3000.00
Costo de operación de máquinas	5000.00
<b>TOTAL</b>	<b>23900.00</b>

Tabla 5.14. Costos de producción actual (Elaboración propia, 2013)

### 5.6.3 Costo de producción con la implementación del proyecto

Los costos de producción con la implementación del proyecto están estimados para la fabricación de 7200 traviesas centrales por mes, es decir 300 unidades diarias, estos se muestran en la tabla 5.15.

Ítem	COSTO (S/.)
Operario de Conformadora	1500.00
Material (Acero Galvanizado)	13000.00
Costo de operación de máquina	1080.00
<b>TOTAL</b>	<b>15580.00</b>

Tabla 5.15. Costos de producción con implementación del proyecto (Elaboración propia, 2015)

#### 5.6.4 Ingresos de producción

La producción de la traviesa central es de 300 unidades diarias, la empresa trabaja en promedio 24 días al mes. La tabla 5.16 muestra los ingresos mensuales.

Ítem	Unidades fabricadas al mes	Costo unit. (S/.)	Costo total (S/.)
Traviesa Central	7200	10.00	72000.00

Tabla 5.16. Ingresos mensuales (Elaboración propia, 2015)

#### 5.6.5 Evaluación de la rentabilidad del proyecto

Se evaluará la rentabilidad del proyecto en un periodo de 12 meses. La tabla 5.17, muestra las ganancias en la fabricación de la traviesa central con el proceso actual de fabricación "G1" y con la implementación de la máquina conformadora "G2".

Para realizar el cálculo se verá tomar en cuenta:

$I = 73000.00$  (Inversión del proyecto)

$ia = 0.08$  (8% interés anual)

Fórmulas:

$$(1 + Im)^{12} = (1 + Ia)^1 \dots \dots \dots (1)$$

$$VAN_1 = \sum_{n=1}^{n=12} \frac{G1}{(1+Im)^n} \dots \dots \dots (2)$$

$$VAN_2 = I + \sum_{n=1}^{n=12} \frac{G2}{(1+Im)^n} \dots \dots \dots (3)$$

De la fórmula 1 obtenemos  $Im$ :

$$Im = 0.006434$$

n	G1	G2	(1+Im) <sup>n</sup>	VAN G1	VAN G2
0	0.00	-73000.00	1.000	0.000	-73000.00
1	48100.00	56420.00	1.006	47792.502	56059.31
2	48100.00	56420.00	1.013	47486.969	55700.93
3	48100.00	56420.00	1.019	47183.390	55344.84
4	48100.00	56420.00	1.026	46881.751	54991.03
5	48100.00	56420.00	1.033	46582.041	54639.47
6	48100.00	56420.00	1.039	46284.247	54290.17
7	48100.00	56420.00	1.046	45988.356	53943.10
8	48100.00	56420.00	1.053	45694.357	53598.25
9	48100.00	56420.00	1.059	45402.238	53255.60
10	48100.00	56420.00	1.066	45111.986	52915.14
11	48100.00	56420.00	1.073	44823.590	52576.86
12	48100.00	56420.00	1.080	44537.037	52240.74
			TOTAL	553768.46	576555.44

Tabla 5.17. Evaluación de ganancias de producción (Elaboración propia, 2015)

Las ganancias bajo las condiciones actuales de producción son de S/.48 100.00, mientras que con la implementación del proyecto será de S/.56 420.00, esto reduciría los costos de fabricación mensual en S/. 8 320.00, lo cual representa un 34.81% en ahorros.

De la tabla 5.17, se observa que:

El parámetro VAN, el VAN G1 >VAN G2

A calcular el parámetro TIR se obtuvo 76% para un periodo de 12 meses, por lo tanto el proyecto es viable.

## **CONCLUSIONES**

- Se obtuvieron los planos de los modelos de traviesa central fabricados en Bosch-España, así como el plano del nuevo modelo de traviesa central requerido por Bosch-Perú. Posterior a esto se evaluaron y anotaron las principales diferencias entre ambas.
- Con la evaluación de los planos y el análisis del funcionamiento de la máquina DIPER A21130, se planificaron las principales modificaciones a realizar, en la estación de pre-corte, estación de rodillos, estación de estampado y estación de troquel de agujeros de bisagra.
- Se realizaron los planos de las modificaciones, los cuales se derivaron al taller de Matricería, en donde personal técnico calificado se encargó de realizar las modificaciones indicadas.
- Se realizaron pruebas de funcionamiento para los tres modelos requeridos por Bosch-Perú, modelo 550, 600 y 700, en las cuales se verificó que el ciclo de fabricación de una pieza es de 20 segundos en promedio.
- Se realizó el análisis de la capacidad de fabricación de la traviesa central y se obtuvieron valores de  $C_p > 1.33$  por lo cual se concluye que el proceso cumple con las especificaciones.
- Se verificó la correcta adherencia de la pintura al nuevo sustrato, a través de las pruebas de adherencia e impacto llevadas a cabo por el laboratorio físico-químico de la empresa, se obtuvo un nivel de adherencia 5B el cual indica que el porcentaje de área removida fue de 0%.
- Se realizaron los instructivos de operación y de mantenimiento autónomo, para garantizar la operatividad de la máquina conformadora.

## **SUGERENCIAS**

- Se sugiere antes de operar la maquina conformadora DIPER A21130, leer y comprender el instructivo de operación.
- Se sugiere cumplir con el instructivo de mantenimiento autónomo, con la finalidad de evitar paradas intempestivas y de detectar averías incipientes.
- Se sugiere implementar un cronograma de mantenimiento preventivo adecuado a las exigencias de funcionamiento.
- Se sugiere implementar planes de control del producto fabricado, con la finalidad de garantizar que se cumple con las especificaciones dadas, en el transcurrir del tiempo.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ARIAS PEREZ O. (2004), Diseño de una máquina perfiladora de chapa en frío, Tesis de Ingeniería Mecánica, Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona-España.
- ANDRADE GAMBOA R. y LANDETA ALVARADO D. (2010), Desarrollo del proceso de fabricación del perfil omega de acero galvanizado para la construcción liviana, Proyecto de Ingeniería Mecánica, Escuela Politécnica Nacional, Quito-Ecuador.
- HERNANDEZ CERVANTES A. y PERÉZ JAIME E. (2009), Proyecto y cálculo de una perfiladora, Tesis de Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, DF-México.
- ARAUJO M. (2006), Análisis de las deformaciones en la lámina durante el proceso de perfilado mediante rodillos, Tesis de Ingeniería Mecánica, Universidad Simón Bolívar, Caracas-Venezuela.
- BOSH PERU (2013). Proyecto de Adaptación y puesta en marcha de conformadora de traviesa central. Empresa BSH Electrodomésticos S.A.C.
- BOSH PERU (2014). Informe de prueba de adherencia e impacto. Empresa BSH Electrodomésticos S.A.C. –Laboratorio Físico - Químico.
- BOSH PERU (2014). Elaboración de instructivos de operación y mantenimiento autónomo de conformadora de traviesa central. Empresa BSH Electrodomésticos S.A.C. - Área de Ingeniería Industrial.
- INGENIERIAINDUSTRIALSONLINE (2015), Procesos de Conformado. Accesado el 03 de abril del 2015. Disponible en <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>.
- REVISTATOPE (2015), Un enfoque científico para el perfilado de chapa. Accesado el 04 de abril del 2015. [http://www.revistatope.com/174\\_art\\_NGRMAQ\\_Deformacion.html](http://www.revistatope.com/174_art_NGRMAQ_Deformacion.html).
- CALERO PEREZ, R. y CARTA GONZÁLEZ, J. A. (1999), Fundamentos de mecanismos y máquinas para ingenieros. Mc Graw Hill. 1ª edición, España.
- WEEBLY (2015), Procesos de Corte - Punzonado. Accesado el 06 de abril del 2015. Disponible en <http://procesosdecorte.weebly.com/punzonado.html>.

## **ANEXOS**