



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERIA

---

CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL

“OPTIMIZACIÓN EN LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UN HORNO DE CURVADO CONTINUO, PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA AGP PERÚ SAC.”

Tesis para optar el título profesional de:  
**Ingeniero Industrial**

**Autores:**

Bach. Christian Stevens Navarro Mancilla.  
Bach. Iván Ronald Paz Cisneros.

**Asesor:**

Mg. Ing. Pedro Loja Herrera

Lima – Perú  
2016

## **APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL**

El (La) asesor(a) y los miembros del jurado evaluador asignados, APRUEBAN el trabajo de suficiencia profesional desarrollado por el (la) Bachiller Iván Paz Cisneros, Christian Navarro Mancilla, denominada:

### **“OPTIMIZACIÓN EN LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE UN HORNO DE CURVADO CONTINUO, PARA AUMENTAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA AGP PERÚ SAC”**

Pedro Loja Herrera

---

Ing. Nombres y Apellidos

**ASESOR**

Aldo Guillermo Rivadeneyra Cuya

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

**PRESIDENTE**

Luis Alfredo Zuñiga Fiestas

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

Hans Clive Vidal Castañeda

---

Ing. Nombres y Apellidos

**JURADO**

## DEDICATORIA

“En primer lugar agradecer a Dios, quien me ha permitido culminar favorablemente mi tesis, iluminado y bendiciendo mi camino y las metas que he trazado.

A mis padres por apoyarme, con su comprensión y sobre todo el sacrificio que ellos pusieron para que este sueño llegara a culminar con mucha dedicación y esmero.

A mi familia que siempre con su aliento, apoyo y paciencia supieron como aconsejarme para saber tomar buenas decisiones.

Y a mis amigos de la empresa donde desarrolle mi tesis que con su ayuda no hubiera podido culminar este proyecto.”

## AGRADECIMIENTO

A cada uno de los docentes de la escuela de ingeniería industrial, quien a lo largo de mi estadía por las aulas supo compartir sus conocimiento y experiencia.

A mis amigos de la empresa donde desarrolle mi tesis en especial al Ing. Marcos Jiménez, quien me ayudo y apoyo en las dudas y en todo momento supo compartir sus conocimientos hacia mi persona.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL .....</b>	<b>ii</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>iv</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>v</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS.....</b>	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>viii</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>ix</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>x</b>
<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
1.1. Antecedentes .....	12
1.2. Justificación.....	13
1.2.1. <i>Objetivo General.</i> .....	14
1.2.2. <i>Objetivo Específico.</i> .....	14
<b>CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
Diagrama de proceso .....	16
2.1. El vidrio. 18	
2.1.1. <i>Tipos de vidrios.</i> .....	18
2.1.2. <i>Color del vidrio.</i> .....	19
2.2. Vidrio laminado.....	20
2.2.1 <i>Aplicaciones del vidrio laminado</i> .....	21
2.3. Materias primas para la fabricación del vidrio. ....	22
2.3.1. <i>Vitrificantes.</i> .....	22
2.3.2. <i>Fundentes</i> .....	23
2.3.3. <i>Estabilizantes.</i> .....	23
2.4. Vidrio templado. ....	24
2.4.1. <i>Descripción del proceso</i> .....	25
2.5. Parabrisas laminado.....	26
2.5.1. <i>Parabrisas bipartido o en dos partes</i> .....	29
2.5.2. <i>Parabrisas único.</i> .....	29
2.5.3. <i>Materiales para el parabrisas</i> .....	29
2.5.4. <i>Procedimiento para realizar un vidrio curvado</i> .....	30
2.6. Hornos Industriales. ....	32
2.6.1. <i>Energía para hornos.</i> .....	32
2.6.2. <i>Tipos de hornos industriales</i> .....	33
2.7. Optimización.....	35
2.7.1. <i>Maximizar ganancias.</i> .....	35
2.7.2. <i>Reducción de costos</i> .....	36

2.7.3. Aumento de la productividad.....	37
<b>CAPITULO 3. DESARROLLO .....</b>	<b>38</b>
3.1. Organización.....	38
3.1.1. Visión. Misión y Valores.....	39
3.1.2. Organigrama de la Empresa .....	40
3.1.3. Principales clientes.....	41
3.1.4. Principales productos y líneas de producción .....	42
3.1.5. Principales competidores .....	42
3.2. Vidrio Laminado curvo.....	42
3.2.1. Descripción del horno XXL antes de la mejora.....	44
3.2.2. Descripción del horno XXL después de la mejora .....	45
3.2.2. Reducción del tiempo ocioso de máquina .....	46
3.3. Situación actual del horno curvado XXL.....	48
3.3.1. Carga de porta molde – molde y vidrio.....	48
3.3.2. Proceso de pre-calentamiento .....	50
3.3.3. Cabina de Curvado .....	54
Enfriamiento 1.....	55
Enfriamiento 2 .....	55
Enfriamiento 3 .....	56
3.4. Propuesta de mejoramiento del horno curvado XXL .....	56
3.4.1. Colocación de molde tipo cama y vidrio.....	56
3.4.2. Habilitar ingreso al horno y precalentamiento .....	56
3.4.3. Curvado.....	57
2.4.4. Enfriamiento, nuevo ingreso y registro.....	59
3.5. Producción del horno XXL en el año 2014 y 2015 .....	60
3.5.1. Análisis de oportunidades de mejoras en el horno XXL .....	61
3.5.2. Plan de trabajo .....	62
3.6. Producción del horno XXL en el año 2016 .....	63
4.1. Comparación de la producción de los años 2014, 2015 y 2016 .....	66
4.2. Productividad.....	67
4.3. Cuadro comparativo de la productividad .....	68
4.4. Reducción del tiempo total de producción en el horno XXL .....	69
<b>CAPITULO 5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>70</b>
5.1. Rediseño del carro tipo cama en la empresa AGP PERÚ SAC. ....	70
5.2. Impacto en costos del proyecto, para la empresa AGP PERÚ SAC. ....	70
5.3. Impacto en los resultados financieros de la compañía. ....	71
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>74</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>75</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>76</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla n.º 2-2</b> Características técnicas de un parabrisas laminado .....	28
<b>Tabla n.º 3-1</b> Perfil de temperatura del horno XXL .....	46
<b>Tabla n.º 3-2.</b> Producción del horno XXL en el año 2014 y 2015 .....	60
<b>Tabla n.º 3-3.</b> Comparación escenario actual con objetivo .....	61
<b>Tabla n.º 3-4</b> Producción del horno XXL en el año 2016, con la mejora .....	63
<b>Tabla n.º 4-2</b> Cuadro comparativo de la productividad de los años 2015 y 2016 .....	68
<b>Tabla n.º 5-1</b> Resultados financieros 2015 - 2016 .....	73

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura n.º 2-1.</b> Diagrama de procesos, parte 1.....	16
<b>Figura n.º 2-2.</b> Diagrama de procesos, parte 2.....	17
<b>Figura n.º 2-3.</b> Aspecto de un parabrisas.....	27
<b>Figura n.º 2-4.</b> Composición del acristalamiento de un parabrisas laminado.....	27
<b>Figura n.º 3-1.</b> Organigrama de la empresa AGP.....	40
<b>Figura n.º 3-2.</b> Principales clientes.....	41
<b>Figura n.º 3-3.</b> Perfil de temperatura del horno XXL, antes de la mejora.....	44
<b>Figura n.º 3-4.</b> Perfil de temperatura del horno XXL, después de la mejora.....	45
<b>Figura n.º 3-5.</b> Diagrama causa efecto de reducción de tiempo ocioso de máquina.....	47
<b>Figura n.º 3-6.</b> Diseño inicial.....	48
<b>Figura n.º 3-7.</b> Carro porta molde .....	49
<b>Figura n.º 3-8.</b> Ángulo y molde bien colocado .....	49
<b>Figura n.º 3-9.</b> Colocación del vidrio con el montacargas .....	50
<b>Figura n.º 3-10.</b> Posicionamiento del coche.....	51
<b>Figura n.º 3-11.</b> Ingreso del coche a cabina .....	51
<b>Figura n.º 3-12.</b> Panel de resistencias y pirómetros cabina de curvado.....	52
<b>Figura n.º 3-13.</b> Apertura de la puerta de ingreso.....	53
<b>Figura n.º 3-14.</b> Enganche del tubo de traspaso .....	54
<b>Figura n.º 3-15.</b> Ingreso al horno y precalentamiento.....	55
<b>Figura n.º 3-16.</b> Disposición de resistencias en el horno principal y cabinas.....	58
<b>Figura n.º 3-17.</b> Tablero de control de resistencias.....	58
<b>Figura n.º 3-18.</b> Cabina de enfriamiento.....	59
<b>Figura n.º 3-19.</b> Registro del proceso de curvado.....	59
<b>Figura n.º 3-20.</b> Producción del horno de curvado XXL en el año 2014 y 2015.....	60
<b>Figura n.º 3-21.</b> Arrastre manual entre cabina.....	61
<b>Figura n.º 3-22.</b> Control manual de temperaturas.....	62
<b>Figura n.º 3-23.</b> Plan de trabajo.....	62
<b>Figura n.º 3-24.</b> Producción del horno de curvado con la mejora.....	63
<b>Figura n.º 3-25.</b> Propuesta del carro tipo cama.....	64
<b>Figura n.º 3-26.</b> Escenario antes de la mejora.....	65
<b>Figura n.º 3-27.</b> Escenario después de la mejora.....	65
<b>Figura n.º 4-1.</b> Comparación de producción del horno de curvado en los años 14,15 y 16.....	66
<b>Figura n.º 4-2.</b> Productividad 2015 vs 2016.....	67
<b>Figura n.º 4-3.</b> Productividad por meses 2015 vs 2016.....	69
<b>Figura n.º 5-1.</b> Evolución del Volumen de Producción 2015 – 2016 (Proy.).....	70
<b>Figura n.º 5-2.</b> Detalle Utilidad Bruto 2015 y 2016.....	71
<b>Figura n.º 5-3.</b> Evolución de ventas VS utilidad bruta del año 2015 y 2016.....	72

## RESUMEN

La industria del vidrio templado a nivel nacional e internacional, es un sector en crecimiento continuo, el cual necesita desarrollar ventajas competitivas como la optimización de sus procedimientos a través de mejoras en la sincronización del flujo de producción, desplegando una logística integrada que permita la articulación de la cadena de valor y la orientación al cliente.

La empresa AGP PERU SAC, ha demostrado un crecimiento positivo, acompañado de actividades que le han permitido alcanzar posiciones privilegiadas dentro de la industria, por tal motivo se vio en la necesidad de aumentar su nivel de producción a fin de cumplir con su cronograma de despacho del área de PCP, modificando así el diseño de los carros de su horno principal de producción, aumentando de este modo el número de piezas fabricadas por día en 40 unidades.

Este cambio dentro del sistema de trabajo se tuvo que complementar con la implementación de la automatización parcial del horno XXL, implementación de ventanas y ventiladores de enfriamiento, permitiendo así el aumento de la rentabilidad de la empresa en 3 % anuales.

La empresa AGP PERU SAC sigue usando la misma cantidad de recursos humanos, disminuyendo su costo de producción y aumentando a la vez su productividad.

## ABSTRACT

The tempered glass industry at national and international level is a continuous growth sector, which needs to develop competitive advantages such as the optimization of its procedures through improvements in the synchronization of the production flow, deploying an integrated logistics that allows articulation Value chain and customer orientation.

The company AGP PERU SAC, has demonstrated a positive growth, accompanied by activities that have allowed it to reach privileged positions within the industry, for that reason it was necessary to increase its level of production in order to comply with its delivery schedule Of the area of PCP, thus modifying the design of the carts of its main production furnace, thus increasing the number of pieces manufactured per day in 40 units.

This change within the work system had to be complemented with the implementation of the partial automation of the XXL furnace, implementation of windows and cooling fans, thus allowing the company to increase its profitability by 3% per year.

AGP PERU SAC continues to use the same amount of human resources, reducing its cost of production and increasing its productivity.

## CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN

AGP PERU SAC, es una empresa dedicada a la fabricación de vidrios laminados y blindados.

En la historia de AGP PERU SAC, el seguimiento del desarrollo de los expertos de vidrio especializada, que surgió para convertirse en el líder mundial en el estado de la técnica en vidrios especiales y el mayor productor de vidrio a prueba de balas curvado.

La innovación continua y rápida transformación han sido temas a lo largo de nuestra historia, que se remontan por primera vez producido composiciones de vidrio laminado.

La compañía ha construido su reputación principalmente como un innovador en productos laminados. Como resultado de nuestra inversión en investigación y desarrollo, AGP comenzó a ofrecer nuevos niveles de soluciones de vidrio a prueba de balas.

Hoy en día, AGP es el líder mundial en la fabricación de vidrio a prueba de balas y vidrios de especialidad compleja para aplicaciones de automotriz. AGP tiene 3 plantas de producción en Sudamérica

AGP, un innovador en el mercado de los cristales del automóvil desde hace 50 años, continúa construyendo sobre nuestro legado con eGlass: nuevas tecnologías que ofrezcan composiciones ultralite que proporcionan un avanzado sistema óptico y el rendimiento solar superior. AGP amplía los límites de productos de vidrio convencionales, ofreciendo estas nuevas tecnologías para acristalamientos grandes y complejas con un enfoque en los vehículos eléctricos. La investigación y el desarrollo ha sido siempre un énfasis importante para AGP, y con nuestra planta de producción de última generación, que seguir innovando y colaborar para producir soluciones de vidrio líderes en la industria que en última instancia, ayudará a reducir la dependencia mundial de los combustibles fósiles

AGP utiliza sus muchos años de experiencia para servir también el transporte público, los mercados marinos y arquitectónicos con las capacidades de producción de conocimientos innovadores y líderes en la industria.

## 1.1. Antecedentes

Siendo este un estudio sobre el desempeño de un producto automotriz, se tomó en cuenta la literatura relacionada con las partes automotrices, además de la literatura propia sobre el vidrio, con fin de encontrar una comparación referencial a este estudio. Se encontró dentro de la base de datos de la Sociedad de Ingenieros Automotrices (SAE, por sus siglas en ingles). Un estudio sobre los esfuerzos mecánicos inducidos en los parabrisas durante su ensamblaje en el vehículo, la referencia de este artículo es SAE 1990-01-3160.

En dicho artículo se enfoca a la medición de los esfuerzos inducidos en el vidrio usando un innovador medidor de esfuerzos llamado Polariscopeo Grey-Field. En este estudio se usó este equipo para detectar zonas de alto esfuerzo cuando se ensambla el parabrisas, conociendo dichas zonas, se buscó la solución al hacer correcciones correctivas y se verificaron los resultados, las razones que motivaron este estudio fue la alta incidencia de rotura del parabrisas en los vehículos.

Frank Pablo Córdova Rojas 2012, en Lima En su tesis titulado “mejoras en el proceso de fabricación de spools en una empresa metalmecánica usando la manufactura esbelta 2012”, las herramientas de manufactura esbelta permiten lograr una reducción en la frecuencia de los defectos detectados en el proceso de fabricación de spools, entonces, la aplicación de cada una de las herramientas posibilita en varios casos la reducción de más de uno de los defectos detectados, de las seis herramientas de manufactura esbelta utilizados en el presente trabajo, se evidenció que con la aplicación de dos de estas: 5’S y Kanban, se impacta en el 62.09% de defectos totales detectados, El método de implementación que se desarrolla para el proyecto spool debe permitir la comprensión clara de los pasos a seguir y llegar al grado de detalle que permita comprender la propuesta que se pretende seguir, la implementación de la propuesta. Junto con esto la capacitación del equipo de trabajo, el entrenamiento y compromiso personal del personal del proyecto spool son factores decisivos en el proceso de desarrollo del pensamiento esbelto en el área de producción de spools en la empresa.

José Ignacio Vásquez Médico 2013 lima en su tesis “propuesta de un sistema de planificación de la producción aplicado a una empresa textil dedicada a la fabricación de calcetines” La presente tesis se enfoca en la evaluación y propuesta de un sistema de planificación de la producción en una empresa dedicada a la fabricación de calcetines. El presente tema consiste, en primer lugar, en la descripción actual de la empresa y la forma como gestiona su producción; posteriormente, se realizan comparaciones entre el sistema actual y el sistema

propuesto respecto al planeamiento de las operaciones, proponiendo de esta manera una metodología distinta para mejorar la gestión de la planta. En el siguiente punto, se realiza una evaluación de la gestión actual de la planta, desde los sistemas de información hasta el procedimiento de planificación. Luego, se procede a realizar un diagnóstico en base la variedad de productos que fabrica y la continuidad del proceso productivo, llegándose a la conclusión de que el sistema de producción más conveniente para la planta, se propone la evaluación del impacto que traerá el sistema de planificación propuesto frente al actual, poniendo en evidencia sus ventajas. Finalmente, la presente tesis nos brindará información respecto a los procesos que se deben de mejorar. De esta manera, la empresa tendrá mayor facilidad en cuanto a la búsqueda de herramientas y metodologías para solucionar los problemas a futuro.

## 1.2. Justificación

Debido a la demanda de pedidos que se tiene en la empresa AGP PERU SAC, se tiene la necesidad de implementar estrategias que aumente la capacidad de producción, pero para ello la empresa no quiere invertir en nuevas maquinarias, debido al alto costo y espacio que ello demanda, por lo cual se ve en la necesidad de hacer alguna mejora a las máquinas que ya existen en su planta.

La Empresa AGP PERU SAC ha decidido hacer una inversión económica para el rediseño de en su horno XXL de producción, ya que es un cuello de botella en la producción diaria, para lo cual se está optimizando los recursos del proceso, para de esta manera aumentar la productividad de piezas curvadas, a fin de cumplir con la demanda solicitada por sus clientes dentro y fuera del país.

El planteamiento que se propone para aumentar la producción del vidrio tipo curvo a la alta gerencia, es aumentar la capacidad de producción del horno XXL de curvado continuo, rediseñando el uso de sus carros y la optimización del proceso, considerando que es uno de los procesos críticos en la empresa.

### **1.2.1. Objetivo General.**

Optimizar la capacidad de producción de un horno de curvado continuo, para aumentar la productividad en la empresa AGP Perú SAC.

### **1.2.2. Objetivo Específico.**

- Rediseñar el carro actual a el carro tipo cama, para aumentar la producción por turno.
- Aumentar la productividad del horno XXL para la fabricación de vidrio curvo.
- Disminuir el costo de producción de los parabrisas nivel III y nivel V en la empresa AGP PERU SAC.

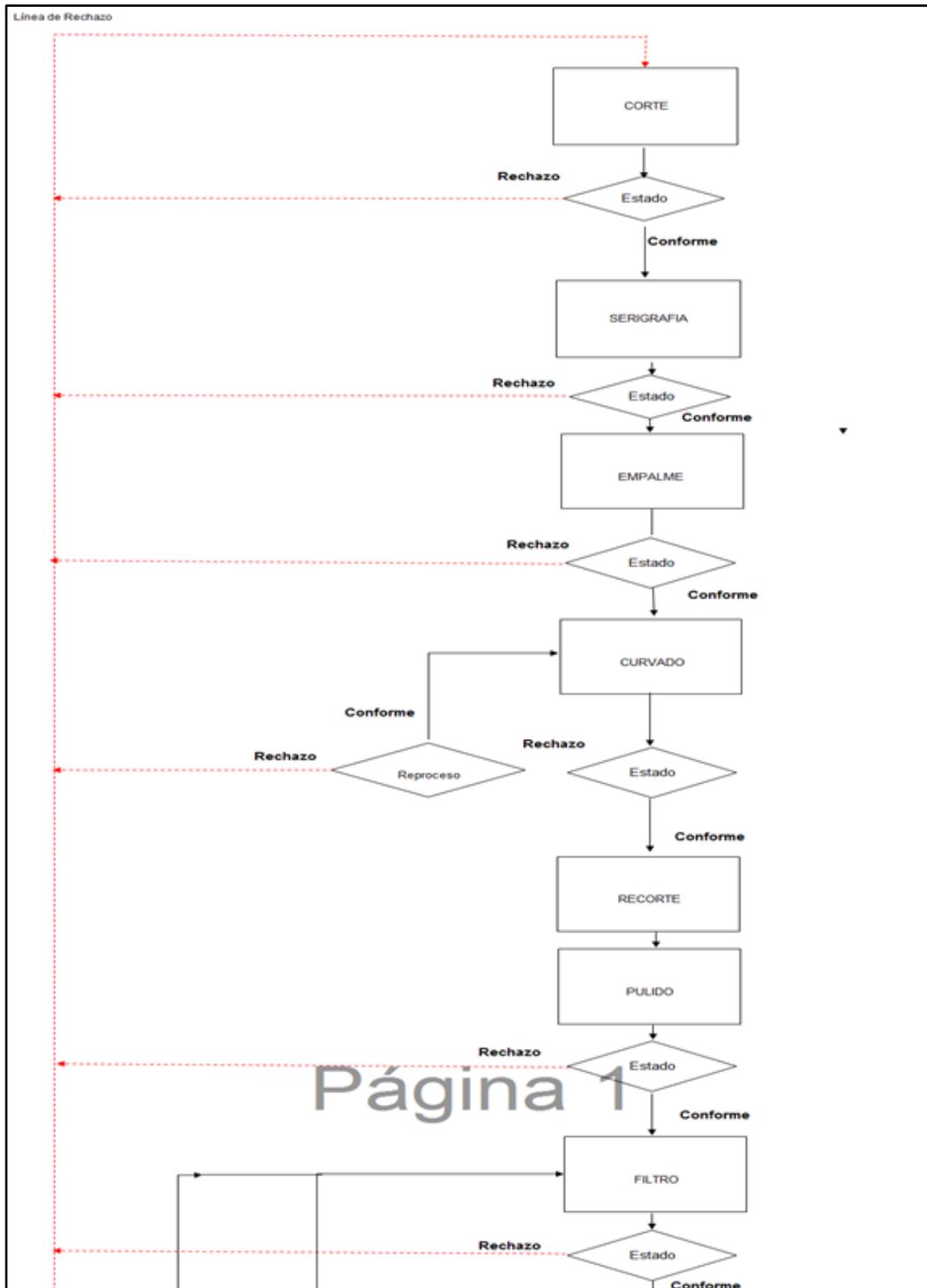
## CAPITULO 2. MARCO TEÓRICO

La gestión por procesos tiene por objeto el análisis periódico de la forma en que se realizan las actividades y procesos en una organización, en la búsqueda de un mejoramiento u optimización continua de los resultados que se obtienen como producto de dicha gestión. Todo ello sin perder de vista que ese producto o resultado tiene como objetivo central el de satisfacer las expectativas y necesidades de un usuario. Estos constituyen los elementos para llegar al punto central, que es el cómo mejorar la gestión.

La optimización de un proceso industrial significa mejorarlo utilizando o asignando todos los recursos que intervienen en el de la manera más excelente posible la optimización está orientada Asia dos metas fundamentales:

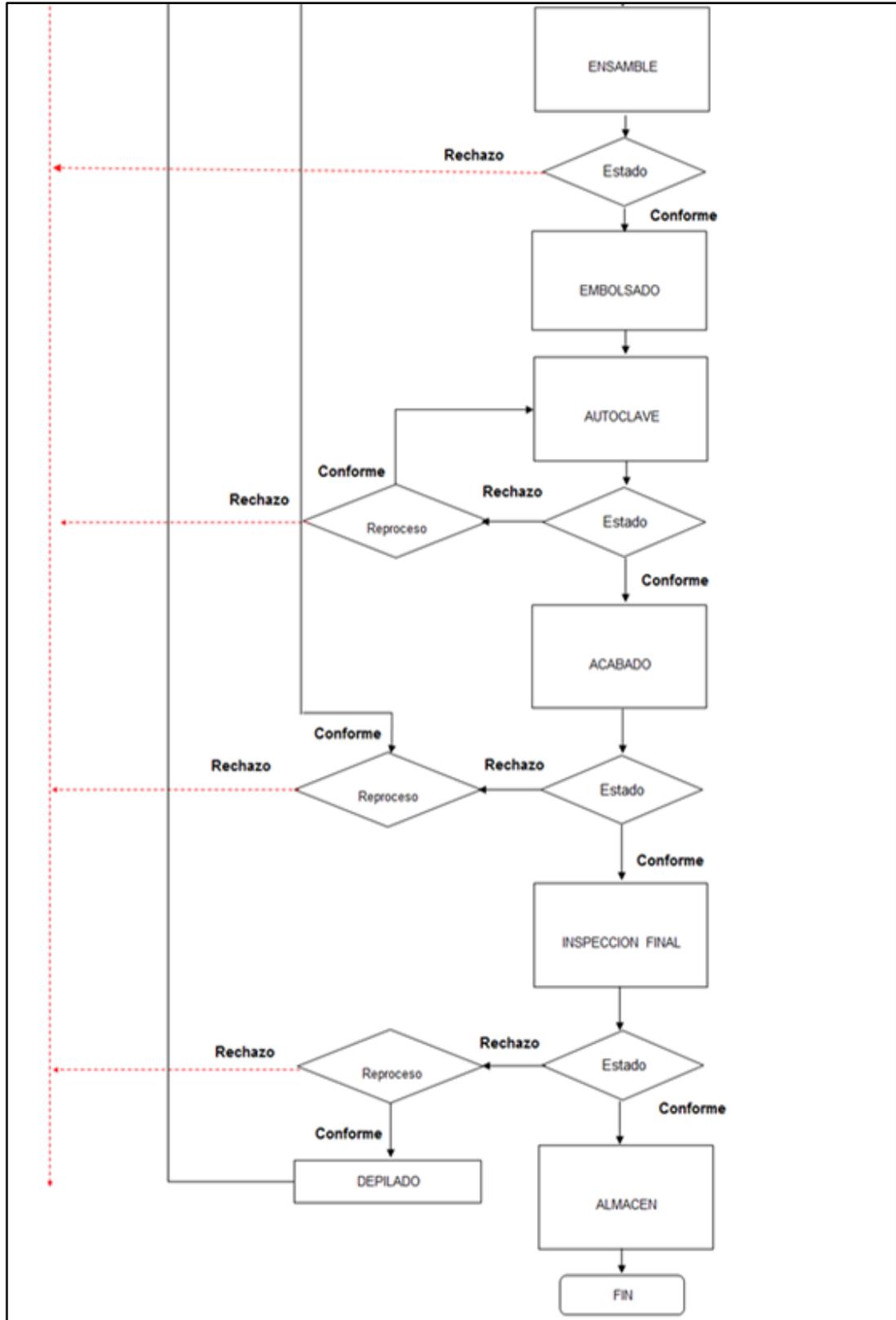
**Diagrama de proceso**

*Figura n.º 0-1. Diagrama del proceso, parte 1*



*Fuente: Fabricación de vidrio blindado - AGP PERU SAC*

*Figura n.º 0-2. Diagrama del proceso parte 2*



*Fuente: Fabricación de vidrio blindado - AGP PERU SAC*

## 2.1. El vidrio.

El vidrio es un material amorfo producido por la fusión de silicio y aditivos a muy altas temperaturas. Al enfriar se convierte en un material duro y brillante sin estructura de grano.

La palabra “vidrio” define -en realidad - un estado de la materia (como “gas”, “líquido” y “sólido cristalino”). Más correctamente: un “vidrio” es un sólido no cristalino, aunque realmente esta definición no nos lleva muy lejos (muchos plásticos también son sólidos no cristalinos). Una verdadera definición de “vidrio” está aún pendiente. El producto que llamamos vidrio, es una sustancia dura, normalmente brillante y transparente, compuesta principalmente de silicatos y álcalis fusionados a alta temperatura. Se considera un sólido amorfo, porque no es ni sólido ni líquido, sino que existe en un estado vítreo. (Covaplan, 2007).

### 2.1.1. Tipos de vidrios.

Según su composición química, los vidrios se pueden clasificar de la siguiente manera (Covaplan, 2007).

- Vidrio sodo – cálcico: Este es el vidrio comercial más común y el menos costoso. El amplio uso de este tipo de vidrio es debido a sus importantes propiedades químicas y físicas. El vidrio sodo-cálcico es primariamente usado para: envases (botellas, jarros, vasos de uso diario, etc.) y vidrio para ventanas (en la industria de la construcción y en la industria automotriz). (Covaplan, 2007).

La propiedad más importante del vidrio sodo-cálcico. Es su elevada capacidad de transmisión de la luz, lo que lo hace adecuado para usar como vidrio en ventanas. Además, su superficie suave y no porosa lo hace especialmente apto para ser usado como envases pues resulta fácil de limpiar, y debido a la inercia química del vidrio sodo-cálcico, éste no contaminará el contenido ni afectará el sabor de los elementos guardados ahí. Además, el vidrio sodo-cálcico no es resistente a químicos corrosivos. (Covaplan, 2007).

- Vidrio plomado: Si se utiliza óxido de plomo, y oxido de potasio en lugar de todo o la mayoría del óxido de sodio, este tipo de vidrio es comúnmente llamado cristal

plomado. El óxido de plomo se agrega para bajar la temperatura de fusión, la dureza y también elevar el índice de refracción del vidrio.

El vidrio plomado es usado especialmente para decoración a través del pulido, corte y/o tallado de su superficie (vasos para beber, jarrones, o ítems decorativos); también es ampliamente usado en vidrios modernos particularmente en cristales y ópticas. Se usa para aplicaciones eléctricas por su excelente aislamiento eléctrico. Asimismo es utilizado para fabricar los tubos de termómetros así como todo tipo de vidrio artístico. El vidrio plomado no resiste altas temperaturas o cambios súbitos en temperatura y su resistencia a químicos corrosivos no es buena.

El vidrio con un contenido aún mayor de plomo (mayor a 35%) puede ser usado como pantalla de radiación porque es bien conocida la habilidad del plomo para absorber los rayos gamma y otras formas de radiación peligrosa. Este tipo de vidrio es más caro que el vidrio sodo-cálcico. (Covaplan, 2007).

- Vidrio Borosilicato: es cualquier vidrio silicato que contenga al menos 5% de óxido bórico en su composición. Este vidrio tiene mayor resistencia a los cambios térmicos y a la corrosión química.

Gracias a estas propiedades, el vidrio borosilicato es adecuado para uso en la industria química de procesos, en artículos de laboratorios, ampollas y frascos en la industria farmacéutica, en bulbos para lámparas de alto poder, como fibra de vidrio para refuerzos textiles y plásticos, en vidrios fotocromáticos, así como elementos de uso en las cocinas (planchas eléctricas, fuentes para el horno) y otros productos resistentes al calor, vidrios para unidades selladas de vehículos, etc. (Covaplan, 2007).

- Vidrios especiales: se pueden inventar con propiedades específicas para casi cualquier requerimiento que se pueda imaginar. Sus composiciones son diversas e involucran numerosos elementos químicos. Así pueden obtenerse vidrios especiales para su uso en diversos campos tales como química, farmacia, electro-tecnología, óptica, aparatos e instrumentos, etc. (Covaplan, 2007).

### **2.1.2. Color del vidrio.**

Los cuatro tipos de vidrio (vidrio sodo-cálcico, vidrio plomado, vidrio borosilicato y vidrios especiales) químicamente diferentes que hemos descrito pueden adquirir color fácilmente si

se les añaden impurezas de metales de transición a las mezclas utilizadas. Esto no afecta ninguna de las demás propiedades. En la antigüedad, el vidrio estaba inevitablemente coloreado por las impurezas que de manera natural contienen las arcillas y por la contaminación en los crisoles de fusión. El primer vidrio relativamente incoloro se obtuvo a principios de la era cristiana, en Roma, pero el primero que realmente no tuvo color no se logró sino hasta el Siglo X en Venecia.

Existen principalmente tres formas de darle color al vidrio. Una es por medio de los colores de solución, donde el color se produce porque el óxido metálico presente absorbe la luz de la región visible del espectro, y deja pasar la que corresponde a algunos colores, que son los que se ven.

De esta forma el cobre absorbe la luz con longitudes de onda que pertenecen a todos los colores, menos la vinculada al color rojo rubí, cuando está en estado de oxidación +1, o al verde, cuando su estado de oxidación es +2. Por eso un vidrio que contenga  $\text{Cu}^{+1}$  se verá rojo rubí, y con  $\text{Cu}^{+2}$  será verde. El cobalto siempre absorbe la luz con todas las longitudes de onda menos la que produce el color azul, y así, de la misma manera, el vanadio, el manganeso, el titanio, el cromo, el hierro y el níquel producen sus propios colores. (Covaplan, 2007).

Oxido de cobalto.....	Rojo azulado
Oxido ferroso.....	Azul
Oxido férrico.....	Amarillo
Oxido de cromo.....	Verde grisáceo
Trióxido de cromo.....	Amarillo
Oxido de cobre.....	Verde azulado
Óxido de uranio.....	Verde amarillento fosforescente
Selenio elemental.....	Rosa
Sulfuro de cadmio coloidal.....	Amarillo

## 2.2. Vidrio laminado.

Los vidrios laminados son vidrios formados por dos o más hojas de vidrio, unidas entre sí por la interposición de una o varias láminas de Polivinil de Butiral (PVB) aplicadas a presión y calor en un autoclave.

Esta configuración combina las propiedades del vidrio (transparencia, dureza, etc.) con las propiedades del PVB:

- Adherencia al vidrio
- Elasticidad
- Resistencia al impacto

De este modo ante un impacto sobre el vidrio laminado, la película de PVB absorberá energía del choque al mismo tiempo que mantiene su adherencia al vidrio. Así los trozos de vidrio no se desprenden y el conjunto se mantiene en el marco. Aunque el PVB es un material opaco en su estado natural, luego del proceso de autoclave es transparente, de modo tal que no se ven afectadas las propiedades de transmisión lumínicas del vidrio.

El espesor de PVB estándar es 0.38 mm, pero para aplicaciones especiales (de seguridad o de control acústico) se utilizan espesores de 0.76 mm, 1.14 mm y 1.52 mm. (Covaplan, 2007).

### 2.2.1 Aplicaciones del vidrio laminado

Las aplicaciones del vidrio laminado son las siguientes (Covaplan, 2007):

- **Como vidrio de seguridad:** el vidrio laminado es considerado un vidrio de seguridad porque en caso de rotura, los trozos del vidrio quedan adheridos al PVB y no se desprenden. De esta manera constituye una barrera de protección y retención ante el impacto de personas y objetos.
- **Como vidrio de control solar:** si el vidrio laminado se fabrica utilizando vidrio de control solar o reflexivo, se pueden obtener diferentes grados de control solar y así disminuir las molestias de una excesiva luminosidad y resplandor.
- **Como filtro de UV:** el PVB tiene la propiedad de ser un efectivo filtro para los nocivos rayos ultravioletas del sol. En el siguiente cuadro se muestran valores de absorción de rayos UV para diferentes tipos de vidrio laminado.

**Tabla n.º 3-3.** La absorción de los rayos UV para laminado 3+3 incoloro

<b>Absorción de los rayos UV para laminado 3+3 incoloro</b>	
PVB = 0.38 mm	96.6% de radiación UV filtrada
PVB = 0.76 mm	99.9% de radiación UV filtrada
PVB = 1.52 mm	99.9% de radiación UV filtrada

*Fuente: BI VASA*

- **Como vidrio acústico:** por sus características elásticas, el PVB tiene la capacidad de absorber las ondas sonoras, lo que contribuye en la absorción del ruido. En particular atenúa el ruido para los rangos de frecuencias de la voz humanas y el tránsito automotor. La capacidad aislante aumenta en la medida que aumenta el espesor PVB utilizado; para un buen control acústico se debe utilizar un PVB no menor a 0.76 mm.

## 2.3. Materias primas para la fabricación del vidrio.

Las materias primas para la fabricación del vidrio se clasifican en 4 grandes grupos, esto dependerá según el comportamiento de fusión; estos grupos son (Covaplan, 2007):

### 2.3.1. Vitrificantes

- **Sílice:** es el principal elemento en la mayoría de los vidrios comerciales, formando aproximadamente tres cuartas partes de su composición. La principal fuente de sílice para la industria del vidrio la constituyen las arenas de cuarzo, cuyo uso depende de sus características mineralógicas, químicas y granulométricas. La proporción de sílice en la arena debe estar en un intervalo del 98.5 – 99.5 %, permitiéndose de 0.1 a 0.5 % de Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> vía impurezas (feldespatos, caolín, etc.).
- **Anhídrido bórico:** es un componente esencial de los vidrios neutros para laboratorio de vidrios resistentes al choque térmico, de la fibra de vidrio y de vidrios especiales. Los vidrios de borosilicato constituyen un grupo aparte debido a sus características

estructurales y sus aplicaciones. El  $B_2O_3$  es un aditivo en los vidrios sódicos cálcicos ordinarios ya que acelera su fusión, mejora su estabilidad química y su resistencia al choque térmico. Además de las fuentes naturales, la industria del vidrio emplea como principales materias primas bóricas productos químicos preparados, tales como ácido bórico y borato de sodio.

- **Anhídrido fosfórico:** se limita únicamente a algunos vidrios ópalos y a vidrios de propiedades ópticas especiales, por su transparencia en el ultravioleta y su baja transmisión en el infrarrojo.

### 2.3.2. Fundentes

- **Oxido de sodio:** de los óxidos alcalinos, el de sodio es el que aparece en mayor proporción en los vidrios ordinarios. Se introduce al vidrio vía carbonato de sodio. Por los diversos problemas que se presentan, solo un 20 a 25% de óxido de sodio del vidrio se agrega vía sulfato de sodio.
- **Oxido de potasio:** este se introduce usualmente en el vidrio a partir del carbonato de potasio. Debido a que el ion de potasio es más grande que el de sodio, los vidrios con potasio son más viscosos que los que contienen sodio.
- **Oxido de calcio:** Su presencia en el vidrio aumenta la estabilidad química y mecánica, desde el punto de vista funcional este actúa como estabilizante, aunque estructuralmente tiene carácter de modificador de red. La materia prima que se emplea para introducir el óxido de calcio es la caliza natural, la cual debe tener un contenido mínimo de 55.2% de óxido de calcio.
- **Oxido de magnesio:** desempeña un papel semejante al oxido de calcio; la materia prima más utilizada para introducir el óxido de magnesio es la dolomita.
- **Oxido de bario:** aumenta la densidad, índice de refracción y brillo; debido al elevado radio iónico del barrio, aumenta la viscosidad, hace que al vidrio más moldeable e incrementa el intervalo de trabajo. Se utilizan los nitratos y carbonatos de bario.

### 2.3.3. Estabilizantes.

- **Oxido de aluminio:** el aumento de este componente origina el aumento de la resistencia mecánica, mejora la estabilidad química, aumenta el índice de refracción,

disminuye el coeficiente de dilatación térmica, mejora la resistencia al choque térmico, reduce la tendencia a la vitrificación, aumenta la viscosidad y el intervalo de trabajo.

- **Oxido de plomo:** es uno de los componentes que más ennoblecen la calidad del vidrio, proporcionándole un alto índice de refracción, brillo, aumento de densidad y sonoridad. Los vidrios de plomo deben fundirse en atmosferas fuertemente oxidantes. El principal inconveniente que presentan es que son más blandos que los sódicos y cálcicos ordinarios.
- **Óxido de zinc:** se introduce hasta en proporciones del 5%, resulta generalmente favorable a la mayoría de los vidrios comunes. Este componente actúa mejorando la resistencia química, elevando el índice de refracción, aumentando la dureza y reduciendo el coeficiente de dilatación térmica.

## 2.4. Vidrio templado.

Como se observa con frecuencia, el vidrio plano puede fracturarse al aplicársele cargas mecánicas ligeras como las generadas por impacto, presión o choque térmico. Los fragmentos de vidrio puntiagudos pueden causar serias lesiones. Un tratamiento especial da origen a un vidrio menos susceptible a la fractura y reduce considerablemente el riesgo de lesiones. A este producto se le conoce como cristal de seguridad. (N. Tapia, 2012)

Durante la producción de vidrio de seguridad, el vidrio plano cortado es suspendido verticalmente u horizontalmente en el sistema de manufactura en donde se eleva su temperatura rápidamente hasta aproximadamente 150 °C por encima de la temperatura de transformación e inmediatamente es templado con aire frío. Como resultado de este proceso de templado, la masa interna de vidrio se enfría más lentamente que la superficie externa, produciendo en estos esfuerzos de compresión en el rango 70 - 140 Mpa. (N. Tapia, 2012)

El producto obtenido mediante este proceso es llamado vidrio templado o cristal monolítico de seguridad. "Los principales factores que afectan la magnitud de los esfuerzos residuales son la expansión térmica del vidrio a temperaturas superiores e inferiores de la temperatura de transformación, su módulo de elasticidad y la diferencia de temperaturas arriba de transformación que exista entre las superficies con respecto a la masa interna de vidrio. Los esfuerzos compresivos obtenidos son aproximadamente 3-4 veces la resistencia de 1 vidrio plano, y estos aumentan con el espesor de 1 vidrio. Cuando el vidrio templado es sometido a impacto (como cuando una piedra golpea un cristal de un automóvil o en un accidente

automovilístico) este se fractura en trozos muy pequeños de forma regular y sin picos, cuyo tamaño puede controlarse en el proceso de templado. (N. Tapia, 2012)

#### **2.4.1. Descripción del proceso**

El proceso de fabricación comienza en el corte de los dos vidrios planos (corte de rectángulo primitivo y corte de forma inscrita en el). Una vez limpios, se realiza una impresión de esmalte de serigrafía sobre la cara interna del vidrio interior (esmalte vitrificable, se une al vidrio luego del tratamiento térmico), luego se realiza un proceso de secado del vidrio por un proceso de recocido térmico. Seguidamente este se apareja con el vidrio exterior del mismo parabrisas para pasar a formar un par de vidrios. Por último, se procede al curvado conjunto del par de vidrios. Esta operación tiene gran influencia sobre los procesos posteriores por ser un factor crítico en la calidad del laminado final. (N. Tapia, 2012).

Los vidrios son curvados por parejas, ya sea por gravedad o prensa, en un mismo molde de curvado con el fin de que el ajuste de las curvaturas de las caras de contacto sea el mejor posible. Es importante destacar que a partir de este punto los dos vidrios deben ser considerados como un par y no como dos vidrios individuales, ya que se han curvado conjuntamente y tienen el mejor ajuste de curvaturas posible entre sí. (N. Tapia, 2012).

Para la preparación de láminas de PVB, estas deben cortarse de acuerdo con las medidas del parabrisas a partir de los rollos de suministro. Por sus características elásticas la lámina de PVB sufre un cierto encogimiento después de haber sido puesta en tensión para realizar el corte. (N. Tapia, 2012).

Una vez se han obtenido los productos intermedios (par de vidrios y lámina de PVB) se procede a la elaboración del conjunto laminado (N. Tapia, 2012):

- Se ensambla el conjunto vidrios-PVB, intercalando la lámina de PVB entre los dos vidrios del par. La lámina de PVB, al ser ligeramente mayor que los vidrios, deberá ser recortada alrededor del contorno de los vidrios. Las condiciones de temperatura y humedad durante el ensamblado serán responsables de las propiedades de adhesión del conjunto laminado.
- Se realiza un proceso de pre laminado que consiste en preparar el conjunto vidrio-PVB para la operación final de autoclave. En el proceso de pre laminado se expulsa

el aire comprendido entre vidrios y PVB (para evitar la posterior formación de burbujas de aire).

- Luego se realiza un sellado de los bordes del contorno del parabrisas de forma que el acristalamiento quede herméticamente cerrado, evitando la penetración de aire por el contorno del laminado.
- El conjunto pre laminado es introducido dentro de un dispositivo llamado autoclave que somete las piezas a un ciclo de combinaciones de temperatura-presión-tiempo que proporciona la transparencia definitiva y propiedades de vidrio de seguridad al parabrisas.

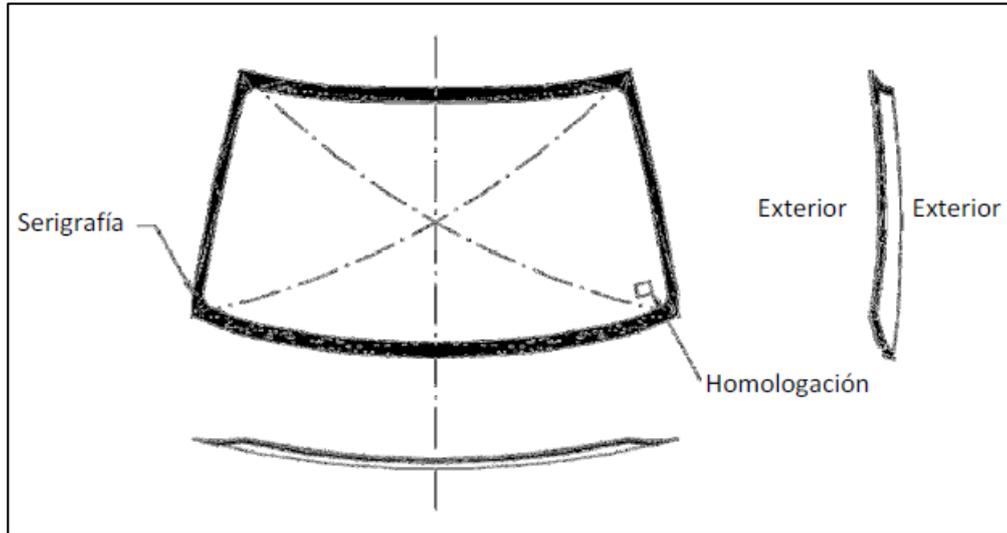
## 2.5. Parabrisas laminado.

El parabrisas es un elemento de suma importancia ya que aporta seguridad activa y pasiva a los ocupantes del Vehículo. En cuanto a la seguridad activa es un elemento fundamental ya que protege al Conductor de impactos originados por colisiones o por choques exteriores que podrían provocar graves accidentes corporales. (N. Tapia, 2012).

Una de las técnicas actual es la de sujeción de parabrisas a la carrocería mediante adhesivo, que permite que el parabrisas, además de proteger a los pasajeros de los elementos exteriores, sea un elemento que contribuye a aumentar la seguridad pasiva del vehículo. Los parabrisas pueden absorber parte de la energía liberada en una colisión, contribuyendo a la disminución de los daños que se puedan originar a los ocupantes. (N. Tapia, 2012).

Son suficientemente transparentes y no deben provocar ninguna deformación apreciable de los objetos vistos a través del acristalamiento ni ninguna confusión entre los colores utilizados en la señalización de tráfico. En caso de rotura del parabrisas, el conductor deberá poder seguir viendo la carretera con la suficiente claridad para que pueda frenar y detener el vehículo con total seguridad. (N. Tapia, 2012).

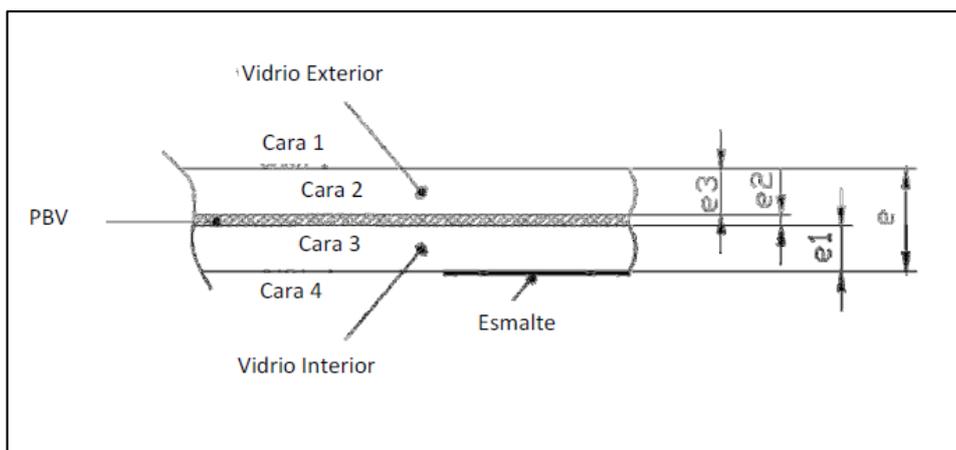
**Figura n.º 0-3.** Aspecto de un parabrisas



**Fuente:** Ficha técnica del producto - AGP PERU SAC

Su característica es un acristalamiento curvado formado por dos hojas de vidrio unidas mediante una lámina intercalada de PVB (Butiral de polivinilo). Sobre su cara de pegado a la carrocería suele incorporar una impresión de serigrafía con esmalte vitrificable de color negro de alta opacidad. Los diseños envolventes actuales avanzan hacia superficies acristaladas cada vez mayores en busca de un mayor confort de los ocupantes del vehículo.

**Figura n.º 0-4.** Composición del acristalamiento de un parabrisas laminado



**Fuente:** Ficha técnica del producto - AGP PERU SAC.

Donde:

$$e_1 = e_2 = 3 \text{ mm}$$

$$PVB = 0.76$$

$$E = 6.76$$

Generalmente los espesores de los vidrios individuales  $e_1$  y  $e_3$  son iguales con lo que se une una configuración simétrica al laminado, pero existen casos en que pueden ser distintos. (N. Tapia, 2012)

Para fabricar un modelo de parabrisas se requiere una especificación detallada de todas sus características técnicas. Esta información puede venir especificada mediante planos de fabricación complementados con plantillas de control de forma. La curvatura de la superficie del parabrisas puede resultar un dato complejo de definir mediante un plano por lo que la práctica habitual lleva a trabajar con plantillas de control de curvatura y forma, proporcionada por los clientes. (N. Tapia, 2012)

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones principales y secundarias de un parabrisas de vidrio laminado de seguridad, tal como lo establece el cliente para este caso particular (N. Tapia, 2012):

**Tabla n.º 0-1 Características técnicas de un parabrisas laminado**

Características principales	Forma y dimensiones
	Curvatura de la superficie
	Número de hojas de vidrio
	Número de láminas intercalares
	Espesor nominal del vidrio interior
	Espesor nominal del vidrio exterior
	Tratamiento especial del vidrio
Características secundarios	Naturaleza del vidrio
	Coloración del vidrio (Incoloro / Tintado)
	Coloración intercalada (Incoloro / Tintado)
	Bandas de oscurecimiento (Si / No)
	Conductores incorporados (Si / No)

**Fuente:** Documentos internos AGP PERU SAC.

### 2.5.1. Parabrisas bipartido o en dos partes

El bipartido en realidad es un parabrisas único ya que solo hay un parabrisas izquierdo y un derecho. El izquierdo es que va frente al conductor y el derecho donde van los letreros de destino, esto es en América ya que los países europeos están el derecho donde va el conductor. (N. Tapia, 2012).

### 2.5.2. Parabrisas único

Este parabrisas solo es hecho de una sola pieza por ello se le llama parabrisas único, va montada al frente del autobús que cubre todo el frente, aun los que son bipartidos son únicos, ya que solo hay un derecho y un izquierdo, cabe mencionar que por lo general este tipo de parabrisas es usado en mayor parte para autobuses turísticos foráneos por ser estéticos y de una sola pieza además cuando se llega a fracturar de algún lado, afectará a toda la pieza, y que además es más pesado. (N. Tapia, 2012).

### 2.5.3. Materiales para el parabrisas

- **Polivinil butiral:** este material fue desarrollado por la empresa DuPont en 1938, y desde entonces se han comercializado un número creciente de opciones: laminas más transparentes, coloreadas, opacas, traslucidas o estampadas; conocido simplemente como Butiral (PVB), es un compuesto químico resultado de mezclar alcohol de polivinilo con butiraldehído. El material resultante es un polímero de gran adherencia y durabilidad, utilizado principalmente en la industria del vidrio. Este compuesto jugó un papel determinante en el desarrollo de la industria del vidrio, pues permitió la creación de los vidrios laminados.

El butiral de polivinilo se utiliza como una lámina que gracias a sus propiedades de adherencia y transparencia, es idónea para la unión de hojas de vidrio. Permite la transmisión de esfuerzos entre los vidrios, uniéndolos como uno solo, aunque el propio material carece de resistencia mecánica.

La lámina de butiral se utiliza para impedir el desprendimiento de fragmentos de vidrio si se produce una rotura, por lo que se emplea en lunas de vehículos y en vidrios que puedan presentar riesgo para las personas en la edificación, como ventanas, lucernarios o escaparates.

Cuidados del PVB: el rollo debe conservarse en un cuarto frío con una temperatura controlada de 4 ° C a 10 ° C, la humedad debe estar como máximo en un 70%, no se debe dejar acostado o golpear el rollo, es muy pesado y se deforma la rugosidad, la temperatura del PVB para el proceso de estirado deberá estar entre 90 ° C y 95 ° C. (N. Tapia, 2012).

- **Celite:** es únicamente un aislante entre los vidrios, es una mezcla de químicos y así se le conoce en las empresas que se dedican a la fabricación de parabrisas (celite). Este polvo lo compramos en una empresa que se dedica a fabricar filtros de agua, es una capa de las que tienen los filtros.

Este es un material que a altas temperaturas de reblandecimiento que comprende de 560 ° C no se pegue vidrio con vidrio, se riega este material en el parabrisas, antes de meter el vidrio a curvado, si no queda uniformemente distribuido el celite ocasionara que se pegue, después de curvado en la parte que se pegó, de ahí saldrá un pelo y será inevitable que se rompa.

Después del curvado en el vidrio se procede con la limpieza de celite del vidrio, un trabajador limpia los excedentes del parabrisas hasta quedar libre de material, para posteriormente pasar al ensamblado, limpiar con trapo industrial, en algunas empresas dedicadas a la fabricación de parabrisas ya no limpian los vidrios por que la capa de celite es muy fina. En AGP PERU SAC se realiza en forma manual la aplicación de celite con una media y se espolvorea por todas partes. (N. Tapia, 2012).

#### 2.5.4. Procedimiento para realizar un vidrio curvado

- **Paso 1 – Corte y serigrafía:** en primer lugar, se hace una selección del cristal en bruto, con el tinte y las cualidades ópticas del futuro parabrisas, según las dimensiones y la forma que se solicitan requeridas por el modelo y luego se moldean los bordes por un proceso de gastado de filos. En realidad no corta la máquina solo marca el parabrisas, posteriormente una persona lo destaza es decir quitar todo el sobrante dejar solo la silueta que va a formar el parabrisas, para que sea enviado a serigrafía.

Una vez lavado y secado el vidrio, se aplican procesos serigráficos por medio de un bastidor y un esmalte negro por el contorno del producto, se hace de color negro

porque los rayos ultravioletas son filtrados por el color y no degradan la posterior instalación con uretano del producto. (N. Tapia, 2012).

- **Paso 2 – Moldeo o curvado:** el par de hojas de cristal que constituye el futuro parabrisas laminado se instala en una armazón y se transfiere a un horno, donde se somete a un proceso de moldeo por gravedad: la temperatura va subiendo gradualmente alcanza los rangos de proceso entre 500 ° C y 700 ° C, en esta temperatura las hojas se curvan sobre la armazón de metal por efecto de la gravedad, adquiriendo así la forma deseada del parabrisas.

Para los parabrisas pequeños los rangos de curvado de 500 ° C a 550 ° C, en parabrisas grandes se curvan de 540 ° C, a esta temperatura se debe activar los brazos por medio de pesos. A 600 ° C por lo general sale ya el curvado. (N. Tapia, 2012).

- **Pasó 3 – Armado:** Una vez enfriadas, las dos hojas de cristal se separan, intercalándose manualmente entre ellas una lámina de PVB (poli vinil butiral) en cámara estéril, para evitar las impurezas. Procediendo a dar el proceso de pre-laminado por medio de un pre-cocido de vacío y temperatura. Con este proceso logramos un semi producto de seguridad, el cual asegurara que los daños por causas de vandalismos estarán cubiertos. (N. Tapia, 2012).
- **Paso 4 – Desairado:** es un proceso que retira gran parte del aire que está entre las capas de vidrio y el PVB, lo que resta de aire lo hará el autoclave, ya se mencionó anteriormente que el vidrio plano laminado no pasa por desairado, pasa por laminadora y va directamente a almacén. (N. Tapia, 2012).
- **Paso 5 – Autoclave:** posterior al proceso de pre-laminado los productos son procesados a temperatura de 140°C y 12 bar, en este proceso se produce el proceso final de un laminador, la unión de los polivinilos y los cristales, quedando 75 % de traslucidez mínima sin distorsiones ópticas y con una garantía de 100% que estamos frente a un producto de seguridad garantizado. (N. Tapia, 2012).
- **Paso 6 – Inspección y despacho:** esta es la etapa final del proceso donde se realizan los ensayos de acuerdo a la norma, una vez certificado el producto se procede a despacho a las bodegas de productos terminados, para posteriormente suministrarlo a nuestros clientes. (N. Tapia, 2012).

## 2.6. Hornos Industriales.

Los hornos industriales son los equipos o dispositivos utilizados en la industria, en los que se calientan los materiales y las piezas o elementos colocados en su interior por encima de la temperatura ambiente. El objetivo de este calentamiento puede ser muy variado, por ejemplo:

- Alcanzar la temperatura necesaria para que se produzcan las reacciones químicas necesarias para la obtención de un determinado producto.
- Cambios de estado (Fusión de los metales y vaporización).
- Ablandar para una operación de conformado posterior.
- Tratar térmicamente para impartir determinadas propiedades.
- Recubrir las piezas con otros elementos, operación que se facilita frecuentemente operando a temperatura superior a la del ambiente (Vitrificado de los productos cerámicos).

Únicamente se consideran hornos industriales aquellos que son utilizados en industrias de todo tipo, como hornos y sistemas para cerámica, metal, dental, laboratorio, tratamiento térmico, plásticos, hornos de laboratorio, hornos de fusión, hornos de templado, hornos de cámara, baño para enfriamiento, hornos de revenido, hornos continuos, hornos de esmaltado, hornos de des-aglomerado, hornos de fusing, hornos a gas, hornos de recocido, hornos de gradiente, hornos de temple, hornos de campana, hornos de solera calentada, hornos de vagoneta, hornos de alta temperatura, hornos crisol basculante, horno mufla, horno raku, horno retorta, horno tubular, horno de baño salino, hornos de envejecimiento, hornos de cocción rápida, hornos gas protector, hornos de sinterización, hornos especiales, hornos de crisol, estufas, secaderos, hornos de aire circulante, hornos de vacío, hornos de incineración, hornos de precalentamiento, hornos de fusión a la cera perdida, hornos para tratamientos térmicos, etc. (J. Astigarra, 2010)

### 2.6.1. Energía para hornos

La energía requerida para los hornos industriales es de dos tipos:

- **Gases:** calientes producidos en la combustión de combustibles sólidos, líquidos o gaseosos, que calientan las piezas por contacto directo entre ambos o indirectamente a través de tubos radiantes o intercambiadores en general.
- **Energía eléctrica:** existen en sus diversas formas: arco voltaico de corriente alterna o continua, inducción electromagnética, alta frecuencia en forma de di-electricidad o microondas, resistencia óhmica directa de las piezas, resistencias eléctricas dispuestas en el horno que se calientan por efecto Joule y ceden calor a la carga por las diversas formas de transmisión de calor. A los hornos industriales que se calientan por este medio se denominan hornos de resistencias.

### 2.6.2. Tipos de hornos industriales

- **Hornos de reverbero:** se utilizan para la fundición de piezas de grandes dimensiones, tanto de metales férreos como de metales no férreos, como cobre latón, bronce y aluminio. los hornos de reverbero son de poca altura y gran longitud. en uno de los extremos se encuentra el hogar donde se quema el combustible, y en el extremo opuesto la chimenea. las llamas y productos de la combustión atraviesan el horno y son dirigidos, por la bóveda de forma adecuada hacia la solera del horno, donde está situada la carga del metal que se desea fundir. esta carga se calienta, no solo por su contacto con las llamas y gases calientes sino también por el calor de radiación de la bóveda del horno de reverbero. aproximadamente, la superficie de la solera es unas tres veces mayor que la de la parrilla y sus dimensiones oscilan entre un ancho de 150 a 300 cm. y una longitud de 450 a 1500 cm. la capacidad de los hornos de reverbero es muy variable y oscila entre los 45 kg a los 1000 kg que tienen los empleados para la fusión de metales no férreos. (J. Astigarra, 2010).
- **Hornos rotativos:** están formados por una envoltura cilíndrica de acero, de eje sensiblemente horizontal, que termina con dos estructuras, una en cada extremo. En uno de los extremos está situado el quemador y en el otro la salida de los gases quemados, que generalmente pasan por un sistema de recuperación de calor para precalentar el aire de soplado antes de ser evacuados por la chimenea. Todo el interior del horno está revestido con un material refractario. El combustible puede ser gas, gasoil o carbón pulverizado. Los hornos rotativos se han considerado como hornos de reverbero perfeccionados, ya que además de calentarse la carga por el contacto de las llamas y gases y por la radiación de a bóveda caliente, se calienta también por el contacto directo con la parte superior del horno, que al girar queda bajo la carga. Con esto se consigue un notable acortamiento del tiempo de fusión,

pues se logra evitar el efecto aislante de la capa de escorias, que flota sobre el baño, que en los hornos de reverbero ordinarios dificulta el calentamiento de la masa del metal. La capacidad de los hornos rotativos para la fusión de los metales varía ordinariamente entre los 50 Kg y las 5 Tn aunque se han llegado a construir hornos para la fabricación del acero de hasta 100 Tn. También se construyen hornos oscilantes que no llegan a girar, sino solamente oscilar de un lado a otro. Los hornos rotativos se emplean para fundir toda clase de metales y aleaciones, como cobre, bronce, latón, aluminio, fundiciones, maleables, aceros, etc., y para la incineración o calcinación. (J. Astigarra, 2010).

- **Hornos de crisol:** los crisoles son recipientes de arcilla mezclada con grafito y otras sustancias, provistos de tapa para cierre hermético, que una vez cargados y cerrados se caldean en los denominados hornos de crisoles, utilizando como elemento calefactor gas, gasoil o electricidad. La fusión en crisoles es uno de los procedimientos más antiguos y sencillos para elaborar metales, y todavía se emplea, y probablemente se empleara siempre por la economía de su instalación sobre todo para fundir pequeñas cantidades. Los hornos de crisoles se construyen para el caldeo de un solo crisol, cuya parte superior sobresale del horno. Si los hornos son fijos se extrae el caldo con cuchara, pero también se construyen hornos de crisol basculantes. En los que la colada resulta más cómoda. La ventaja de los hornos de crisol, tanto fijos como basculantes, es que la carga queda totalmente aislada, y por tanto, no se altera su composición por efecto de los gases producidos en la combustión. (J. Astigarra, 2010).
- **Hornos eléctricos:** estos tienen grandes ventajas para la fusión de los metales, siendo las más destacadas las siguientes: pueden obtenerse temperaturas de hasta 3500°C en algunos tipos de estos hornos, pueden controlarse la velocidad de elevación de temperatura y mantenerla a valores muy precisos con regulaciones directamente desde un PLC; la carga queda por completo libre de contaminación del gas de combustión; pueden ser instalados en espacios reducidos y su operación se realiza con mayor higiene que la de los demás tipos de hornos. (J. Astigarra, 2010).
- **Hornos de arco eléctrico:** están formados por una cuba de chapa de acero revestida de material refractario, provista de electrodos de grafito o de carbón amorfo. Los electrodos de carbón amorfo se forman en el mismo horno, llenando las camisas que llevan los porta-electrodos de una mezcla formada por antracita, cok metalúrgico, cok de petróleo y grafito amasados con alquitrán. El arco salta entre los electrodos por intermedio del baño, y aunque se construyen monofásicos, generalmente son trifásicos. Con los tres electrodos verticales dispuestos en los vértices de un triángulo

equilátero. La cuba es cilíndrica, revestida con un material ácido o básico, que reposa sobre ladrillos refractarios. La bóveda esta revestida de ladrillos de sílice, que resisten temperaturas de hasta 1.600°C, y es desplazable para facilitar la carga. El cierre de estos hornos es hermético, logrando la estanqueidad de los orificios de paso, por medio de cilindros refrigerados por camisas de agua, que prolongan además la vida de los electrodos. Los hornos trabajan a tensiones comprendidas entre los 125 y 500 voltios, obteniéndose dentro de cada tensión la regulación de la intensidad y, por tanto, de la potencia del horno, por el alejamiento o acercamiento de los electrodos al baño, lo que se realiza automáticamente. Casi todos los hornos de este tipo son basculantes para facilitar la colada. Algunos llevan un sistema de agitación electromagnética del baño por medio de una bobina montada bajo la solera del horno. Los hornos eléctricos de arco se emplean en baños de sales y para la fusión de acero, fundición de hierro, latones, bronces, aleaciones de níquel, etc. (J. Astigarra, 2010).

- **Hornos eléctricos de inducción:** el calor es generado por corrientes inducidas producidas por corriente alternas. (J. Astigarra, 2010).
- **Hornos electrónicos:** en este tipo de hornos el calor se produce por la vibración molecular del cuerpo que se trata de calentar cuando es sometido a un fuerte campo de radiaciones electromagnéticas de muy alta frecuencia (frecuencias de radio). (J. Astigarra, 2010).
- **Hornos eléctricos de resistencia:** aquí el calor está producido por el efecto Joule al circular una corriente eléctrica por una resistencia. Se pueden fabricar para ser usados a temperaturas superiores a los 1.800°C. (J. Astigarra, 2010),

## 2.7. Optimización.

### 2.7.1. Maximizar ganancias

SPENCER Y SIEGELMAN, en su libro “Economía de la Administración de Empresas” del año 1963, nos dice que la decisión básica que toda empresa debe tomar es la cantidad que producirá con el mínimo de recursos posibles. Esta decisión dependerá del precio al que pueda vender él y del costo de producción. El objetivo de toda empresa es maximizar los beneficios, esto se alcanza cuando la diferencia entre los costos totales y los ingresos totales es máxima.

En relación a esto, caben tres posibilidades:

- Beneficios normales: se da cuando los ingresos totales son iguales a los costos totales.
- Beneficios extraordinarios: se da cuando los ingresos totales son superiores a los costos totales.
- Pérdidas: se da cuando los ingresos totales son inferiores a los costos totales.

### **2.7.2. Reducción de costos**

La mejor manera de reducir los costos en la empresa es mediante la detección, prevención y eliminación sistemática del uso excesivo de recursos. Para reducir los costos, deben ejecutarse en forma simultánea siete actividades, de las cuales el mejoramiento de la calidad ocupa el lugar más importante, y las otras seis actividades deben ser consideradas como parte de la calidad del proceso. Las actividades a las que hacemos mención son:

- Mejoramiento de la calidad.
- Mejoramiento de la productividad.
- Reducción de inventarios.
- Acortamiento de las líneas de producción.
- Reducción del tiempo ocioso de las máquinas y equipos.
- Reducción del espacio utilizado.
- Reducción del tiempo total del ciclo.

La reducción de costos en la empresa es el producto de diversas actividades que lleva a cabo la gerencia. Lamentablemente en muchas empresas tratan de reducir los costos sólo mediante el recorte de gastos; encontrándose entre las acciones típicas el despido de personal, la reestructuración y la disminución de proveedores. Este tipo de actitudes provoca la interrupción del proceso de calidad y da como resultado el deterioro de ésta. Pero en los mercados actuales los clientes y consumidores exigen una mejor calidad a un menor precio

y una entrega puntual, lo cual puede también formularse como una más alta relación satisfacción (calidad + servicio) / precio. Cuando la gerencia sólo concentra sus actividades en la búsqueda de precios más bajos simplemente procede a la reducción de costos, descubriéndose que tanto la calidad como la entrega puntual se ven seriamente afectadas por dicha actitud.

Juan Carlos Fresco. “Gestión de los costos en la Empresa”

### **2.7.3. Aumento de la productividad.**

La productividad se define como la razón entre la cantidad producida y los insumos utilizados para producirla (P. Mali, 1978).

$$Productividad = \frac{Producción\ obtenida}{Insumos\ utilizados}$$

Aumentar la productividad: Mayor productividad es sinónimo de obtener mayor producción al mismo costo o la misma producción a un menor costo. En este caso, se puede aumentar la productividad sustituyendo, por ejemplo, las viejas máquinas por otras más modernas y rápidas. Además, esta modernización en la maquinaria supondrá menos averías y, por tanto, menos tiempos muertos.

Reducir el catálogo de productos: Se trata de adaptar el catálogo de productos que se comercializan a las nuevas circunstancias. Por ejemplo, eliminar aquellos que se venden poco, que están mucho tiempo en el almacén y que garantizan el retorno del capital invertido.

Matemática entre el valor de todos los productos y servicios fabricados o prestados y el valor de todos los recursos utilizados en hacer el producto o prestar el servicio en un intervalo de tiempo dado.

## CAPITULO 3. DESARROLLO

Desde 1965, la empresa AGP PERU SAC fue fundada en Perú por el descendiente de una familia alemana con gran tradición fabricante de vidrio. La principal motivación de la fundación en el Perú fue la implantación de varias ensambladoras automotrices. Sin embargo, durante los años ochenta, la empresa sufrió un viraje en el enfoque de su producción.

Las grandes productoras de cristal flotado del mundo como PPG, Pilkington y Saint Gobain iniciaron la producción de vidrio automotriz a gran escala, lo que afectó a la compañía. Eso, sumado a que el gobierno militar provocó la salida de las automotrices en el país, motivó a AGP PERU SAC a ingresar en otros segmentos de negocio relacionados que resultaban de mayor valor agregado: el vidrio blindado. Hoy, es una empresa que se ha expandido, que se ha internacionalizado, que ha consolidado su posición comercial en países muy competitivos.

La innovación continua y la transformación rápida han sido temas frecuentes durante la historia de la empresa. Ha consolidado su reputación principalmente como un innovador en productos laminados. Como consecuencia de inversión en investigación y desarrollo.

Hoy en día, AGP PERU SAC es el líder global en la manufactura de vidrios blindados y vidrios especiales complejos para aplicaciones automotrices. AGP PERU SAC cuenta con 3 plantas de producción con más de 1000 empleados que atienden a clientes en más de 50 países.

### 3.1. Organización.

Describe en detalle la organización centrándose luego en el área de desempeño. Este ítem se puede subdividir de acuerdo a la naturaleza del trabajo por ejemplo se puede describir los departamentos, productos, procesos, etc. que nos lleven a la comprensión de las actividades desarrolladas por el autor.

AGP PERU SAC (American Glass Products) es el líder mundial en la producción e innovación de cristales de seguridad con tecnología de punta y exigentes estándares de calidad para un amplio portafolio de aplicaciones. AGP PERU SAC cuenta con un extenso rango de productos para aplicaciones en la industria automotriz (Templado y laminado con curvas complejas, antirrobo y atraco además de su especialidad: Vidrio Blindado) arquitectónica, aplicaciones en barcos y botes, trenes, además de vidrios blindados para instalaciones y vehículos militares.

AGP PERU SAC por más de 45 años ha invertido esfuerzos en investigación y desarrollo lo que le ha permitido crear líneas de producto que no sólo satisfacen las necesidades de sus clientes a nivel de calidad y performance sino que además permite proteger el valor más sagrado: la vida.

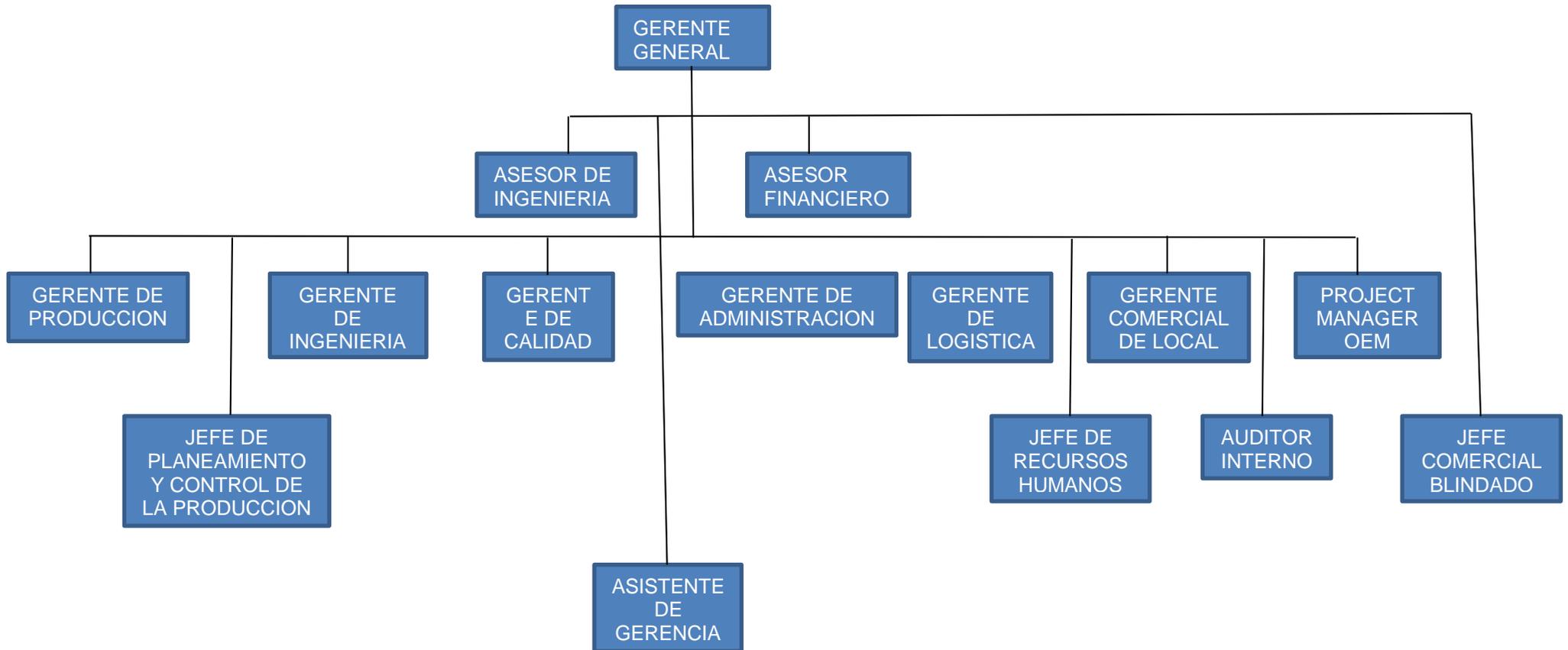
AGP PERU SAC cuenta con presencia en los 5 continentes y con oficinas comerciales ubicadas estratégicamente alrededor del mundo (México, América Central, Venezuela, Argentina, Europa, España, India, Medio Oriente, Japón), además de 3 plantas de producción (Brasil, Colombia y Perú) que permiten atender las necesidades de los clientes con excelentes tiempos de respuesta y atención técnica inmediata.

### 3.1.1. Visión. Misión y Valores.

- **Visión:** Salvamos vidas a través de productos con diseños innovadores siempre pensando en su bienestar.
- **Misión:** ser una empresa de clase mundial en el sector de vidrio, enfocada en productos con alto valor agregado, soportados por un recurso humano comprometido y de primer nivel.
- **Valores:** AGP PERU SAC se distingue por la búsqueda de la satisfacción constante de sus clientes. Esta es la filosofía bajo la cual siempre busca crear, ejecutar más y mejores ideas y procesos innovadores por los clientes, imprimiendo transparencia y calidad en el trabajo. Sus valores se basan en: Espíritu de servicio, Resultados, Trabajo en Equipo, Profesionalismo, Responsabilidad, Innovación.

### 3.1.2. Organigrama de la Empresa

*Figura n.º 0-1. Organigrama de la Empresa AGP*



*Fuente: Organigrama general – AGP PERÚ SAC.*

### 3.1.3. Principales clientes

AGP es orgullosamente proveedor oficial de Ensambladoras de equipo original (OEM) en Europa, América, e India; entre otras Mercedes Benz, AUDI AG, Volkswagen, Toyota, TATA India y Jeep, así mismo, es proveedor de series de acristalamiento BRG para vehículos Hummer usados en conflictos bélicos como la guerra del golfo pérsico.

A nivel de soluciones de complex glazing OEM, es proveedor del cristal para GM del OPEL Astra GTC panorama windshield, pionero de los vehículos con parabrisas de amplia área y visión periférica para el conductor (windshield sunroof), así como proveedor de parabrisas originales de fábrica para el lotus Ellise y Lotus Europa y de cristales ARG para Lamborghini.

*Figura n.º 0-2. Principales Clientes*



*Fuente: Catalogo comercial – AGP PERÚ SAC.*

### 3.1.4. Principales productos y líneas de producción

Se divide en tres grandes campos: vidrio laminado, vidrio de seguridad laminado y vidrio a prueba de balas.

- **Vidrio laminado:** Auto Replacement Glass – ARG, AGP 360, Varios Plus.
- **Vidrio de seguridad laminado:** AGP Shield Glass, Security Line, Impenetra, 3 KL, Stopgun 12.
- **Vidrios a pruebas de balas:** OEM, Automotriz, Retrofit, 3 KL, Stopgun 12.

### 3.1.5. Principales competidores

Sus competidores con mayor fuerza en el mercado son: PPG Pilkington, Saintgobain que además de producir casi el 50% de los productos que AGP GLASS produce, también entran en el mercado de fabricación de vidrios para el uso casero como aliados de la marca PIREX que a su vez fabrica productos para la rama de la medicina y su uso en laboratorios de investigación, a esto se le suman 2 competidores potenciales que son VIVEX y CARLITE, que hace 2 años aproximadamente iniciaron la fabricación de vidrios para uso marítimo y automotriz, siendo sus principales clientes: FIAT y SAMSUNG.

## 3.2. Vidrio Laminado curvo

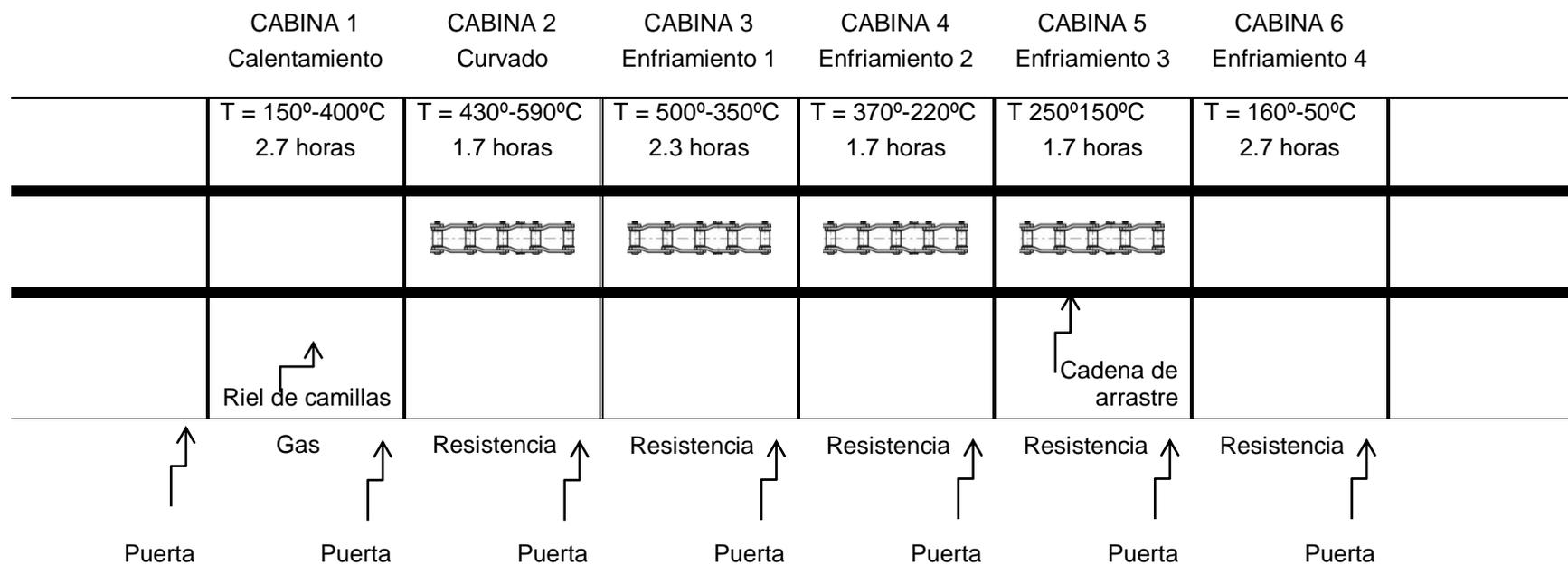
El vidrio templado curvo cuenta con etapas para su fabricación, las cuales son resumidas a continuación:

- Corte
- Serigrafía
- Vitrificado
- Empalme
- Curvado
- Pulido – Brillado
- Filtro
- Ensamble

- Embolsado
- Autoclave
- Acabado

### 3.2.1. Descripción del horno XXL antes de la mejora

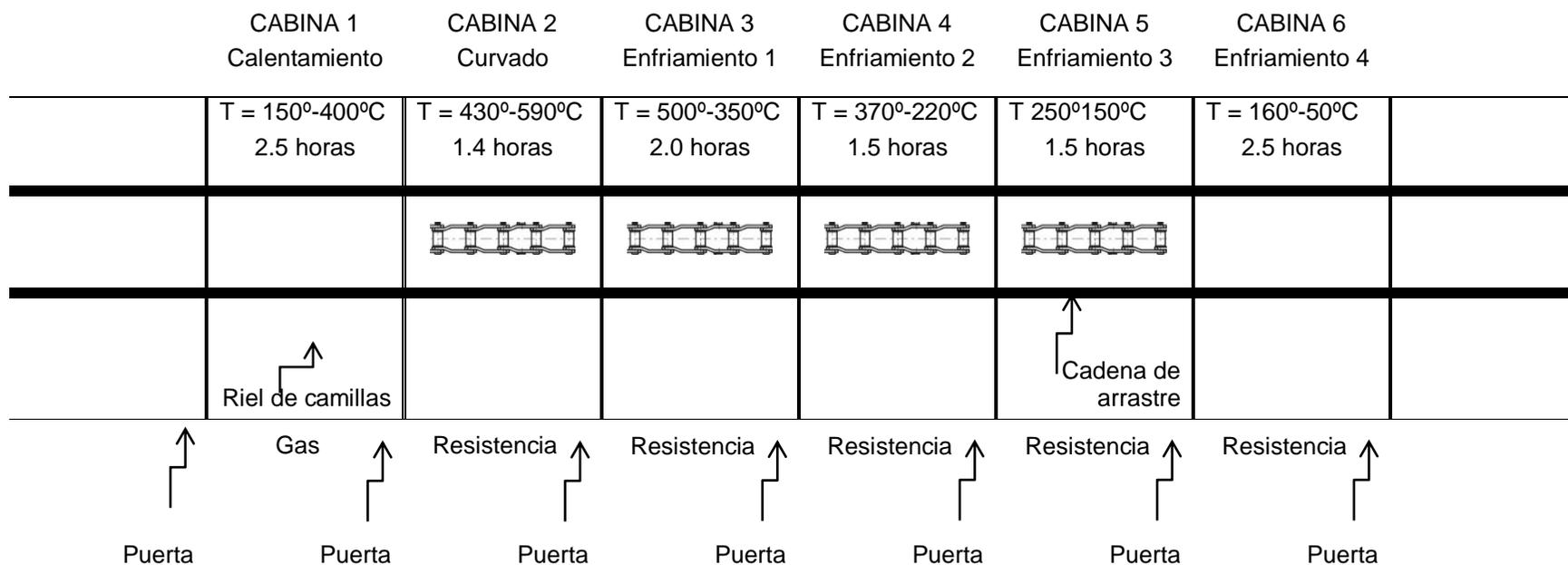
*Figura n.º 0-3. Perfil de temperatura del horno XXL, antes de la mejora.*



*Fuente: Elaboración propia.*

### 3.2.2. Descripción del horno XXL después de la mejora

*Figura n.º 0-4. Perfil de temperatura del horno XXL, después de la mejora.*



*Fuente: Elaboración propia.*

*Tabla n. ° 0-1 Perfil de temperatura del horno XXL*

CABINA 1	CABINA 2	CABINA 3	CABINA 4	CABINA 5	CABINA 6
Calentamiento	Curvado	Enfriamiento 1	Enfriamiento 2	Enfriamiento 3	Enfriamiento 4
T = 150°-400°C	T = 430°-590°C	T = 500°-350°C	T = 370°-220°C	T 250°150°C	T = 160°-50°C
2.5 horas	1.4 horas	2.0 horas	1.5 horas	1.5 horas	2.5 horas

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.2.2. Reducción del tiempo ocioso de máquina

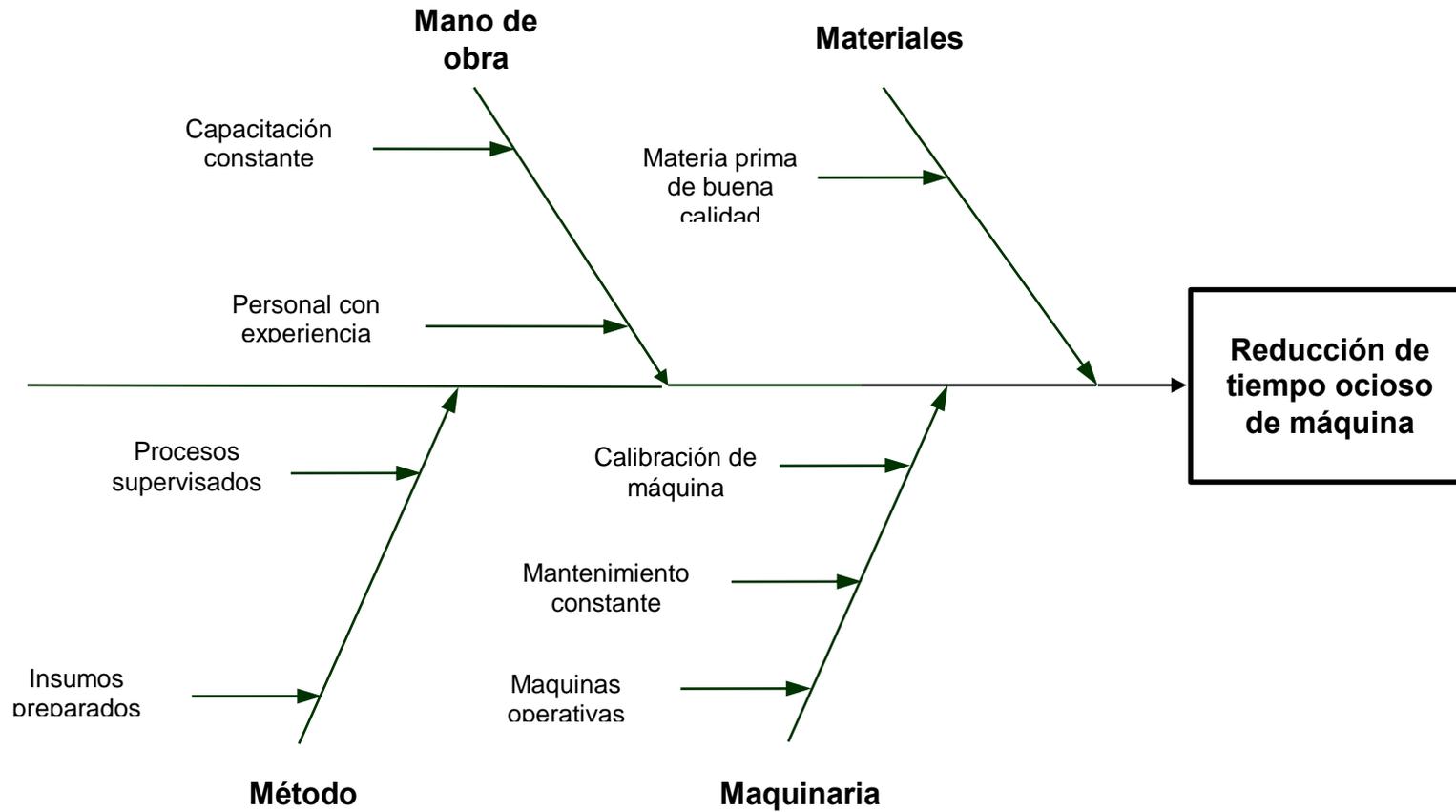
Maquinarias y equipos con averías dan lugar a tiempos ociosos, incapacidad de cumplir con los plazos de entregas previstos, generación de defectos en los productos, y altos gastos en conceptos de reparaciones, con todo lo que ello implica tanto en materia de satisfacción del cliente, como en los resultados financieros.

Otro factor crítico a la hora reducir los tiempos ociosos de las máquinas es la reducción sistemática de los tiempos de preparación.

Los tiempos ociosos de las máquinas llevan a la producción por lotes, y consecuentemente a mayores niveles de inventarios, con todo lo que ello implica en materia de costos en materia de manipulación, seguridad, seguros, financieros y de costo del espacio físico entre otros. Además, la falta de fiabilidad y durabilidad de las máquinas lleva a la generación de stock de seguridad a los efectos de servirse de ellos en caso de anomalías, como la interrupción o mal funcionamiento de determinados equipos.

- **Análisis del horno**, de acuerdo a lo revisado encontramos el factor crítico es el horno XXL para abastecer la cantidad demandada mensualmente no cubríamos la demanda del mercado lo cual nos concentramos en hacerle un rediseño al horno para aumentar las cantidades de piezas curvados.
- **Lluvia de ideas para la fabricación de coches tipo cama.**
  - Rediseñar los moldes llenos.
  - Varilla de fierro para mejorar los coches.
  - Fabricación de ángulos para una mejor forma del coche.
  - Modificación de coches para aumentar la capacidad de los vidrios curvados.

*Figura n.º 0-5. Diagrama causa efecto de reducción de tiempo ocioso de máquina.*



*Fuente: Elaboración propia*

### 3.3. Situación actual del horno curvado XXL

- El porta vidrio inicial tiene la capacidad de portar un parabrisas a curvar. Esto ya se encontraba diseñado anteriormente.

*Figura n.º 0-5. Diseño inicial*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

#### 3.3.1. Carga de porta molde – molde y vidrio

- **Colocar molde sobre carro porta molde:** se revisa el carro porta molde que ingresara al horno, si la ficha técnica solicita en observaciones “compensar el molde” se colocara en tres ángulos: uno en el centro y los otros dos a 32 cm para cada lado. Luego se coloca el molde solicitado sobre los ángulos acondicionados previamente, de manera que este se encuentre totalmente nivelado y estable (el ángulo no debe tener balanceo, si se requiere se debe colocar platinas).

*Figura n.º 0-7. Carro porta molde*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

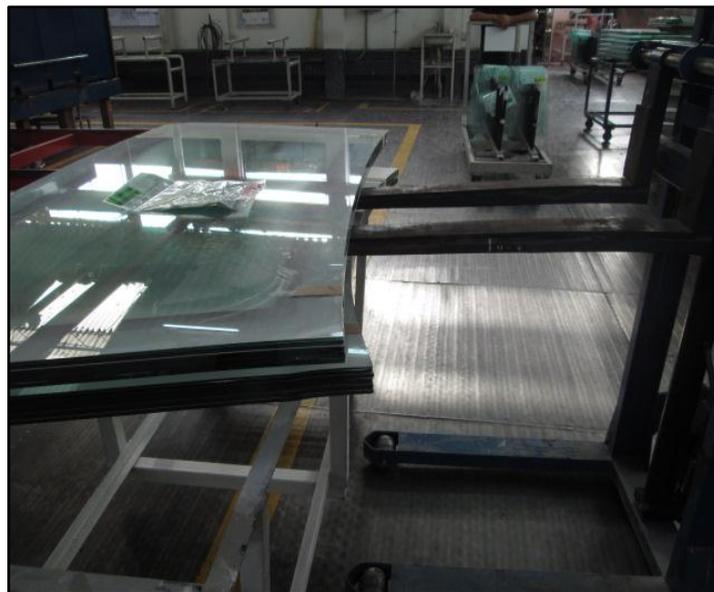
*Figura n.º 0-8. Ángulo y molde bien colocado*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- **Colocar el vidrio empalmado sobre molde a curvar:** se debe levantar la manija ubicada en la zona central del montacarga para poder bajar el vidrio y ser colocado sobre el molde. Se tiene que revisar que asiente el área posterior del vidrio con el molde para luego seguir descendiendo el vidrio empalmado con una menor velocidad hasta que la zona frontal del vidrio llegue al molde y luego se retire el montacarga para finalmente verificar que el vidrio se encuentre de manera centrada en el molde.

*Figura n.º 0-9. Colocación del vidrio con el montacargas*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

### 3.3.2. Proceso de pre-calentamiento

- **Preparar cabina de pre-calentamiento y el vidrio para el ingreso:** se debe posicionar el coche en frente de la cabina de pre-calentamiento, se debe levantar la puerta de ingreso y dejar el vidrio en la entrada por el lapso de 5 min aproximadamente hasta que la temperatura se encuentre en el rango de 250-260 °C.

*Figura n.º 0-10. Posicionamiento del coche*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- **Ingreso de coche a cabina de pre-calentamiento:** transcurridos los 5 min y verificando previamente que el controlador marque entre 250-260°C, se debe ingresar el coche empujando desde el extremo hacia adelante.

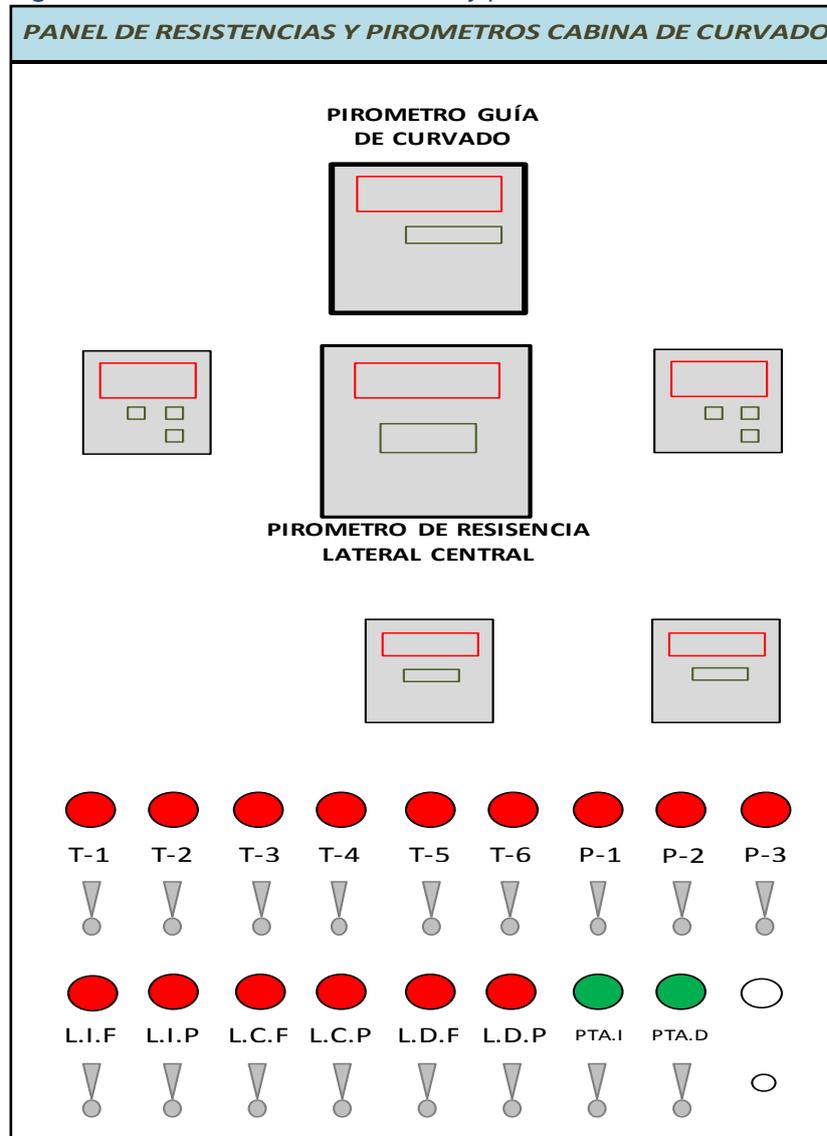
*Figura n.º 0-11. Ingreso del coche a cabina*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- **Inicio de pre-calentamiento:** se debe encender las resistencias del techo y dejar que el vidrio en la cabina hasta que llegue a una temperatura de 380-400°C.
- **Preparar cabina de curvado para el traspaso del vidrio:** al llegar a una temperatura de 380-400°C, asegurarse que la cabina de curvado este vacía y con las resistencias T1, T2, T5 y T6 encendidas. Se debe de verificar que la temperatura de la cabina de curvado se encuentre a + 50°C (De 430°C a 450°C), con respecto a la temperatura de la cabina de precalentamiento.

**Figura n.º 0-12. Panel de resistencias y pirómetros cabina de curvado**



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- **Traspaso de vidrio de pre-calentamiento a curvado:** abrir la puerta de ingreso de la cabina de curvado para poder enganchar el tubo de traspaso de cabina a través de la ventanilla, seguidamente levantar el tubo de un extremo y empujar hacia adelante, hasta que la guía de esta coincida con la puerta de ingreso. Luego se debe retirar el tubo de acero y colocarlo debajo de la cabina de pre-calentamiento, se tiene que revisar por las ventanillas si el carro se encuentra correctamente ubicado y centrado en la cabina de curvado, de no ser así centrarlo con el timón de arrastre para que finalmente se pueda bajar la puerta de la cabina de curvado y poder apagar las resistencias y abrir la puerta de la cabina de pre-calentamiento para realizar un nuevo ingreso a pre-calentamiento.

*Figura n.º 0-53. Apertura de la puerta de ingreso*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

*Figura n.º 0-64. Enganche del tubo de traspaso*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

### 3.3.3. Cabina de Curvado

- **Pre-calentamiento en cabina de curvado:** después de realizado el ingreso esperar 5 minutos y verificar que la temperatura empieza a ascender para encender las resistencias T3 y T4. Cuando la temperatura se encuentre en el rango 500-510°C se enciende las resistencias de Puerta Izquierda y Puerta Derecha. Ahora se debe revisar el pirómetro de las resistencias Laterales Centrales y cuando se encuentre en el rango de 530 - 535 °C encender las resistencias LIF LIP LDF LDP (Lateral Frontal o Posterior, Izquierda y Derecha).
- **Curvado de vidrio:** Una vez el pirómetro guía (Central) llegue a la temperatura de golpeo (590 °C) apagar las resistencias del techo T3 y T4 (Techo Centrales). Si el pirómetro de resistencias Lateral Central llega a 570 °C antes que la temperatura de golpeo del pirómetro central también se debe apagar las resistencias del techo T3 y T4. Revisar visualmente la caída del vidrio a través de las ventanillas.
- **Enfriamiento en cabina de curvado (reposo del vidrio):** Cuando el vidrio haya pegado completamente a la varilla del molde de curvar, apagar todas las resistencias

(si se usaron parrillas levantarlas a su posición inicial) Abrir las 4 ventanas superiores y dejar reposar el vidrio hasta que llegue a una temperatura de 460-480 °C.

- **Traspaso de vidrio de curvado a enfriamiento 1:** esta operación se realiza abriendo la ventana inferior de posición 2 de la cabina de curvado e introducir un tubo de enganche para empujar el carro hacia enfriamiento 1. Realizar la misma operación con la ventana inferior posición 4, realizar la operación hasta que el carro haya avanzado a la mitad de la cabina de Enfriamiento1 aproximadamente. Dirigirse hacia el timón de arrastre, contiguo a la puerta de ingreso de la cabina de Enfriamiento1 para girar el timón en sentido horario, hasta que el coche este totalmente centrado en la cabina de Enfriamiento1, finalmente bajar la puerta de ingreso de la cabina de enfriamiento 1.

### Enfriamiento 1.

- **Inicio de enfriamiento 1:** enfriar hasta que el pirómetro indique una temperatura de 300-350° C.
- **Preparar cabina de enfriamiento 2 para el traspaso del vidrio:** verificar que la cabina de enfriamiento 2 se encuentre vacía para encender las resistencias del techo (antes de abrir las llaves del gas de debe tener encendido el mechero).
- **Traspaso de vidrio a enfriamiento 2:** dirigirse hacia el timón de arrastre, contiguo a la puerta de salida de la cabina de Enfriamiento2, girar el timón hasta que el coche este totalmente centrado en la cabina de Enfriamiento 2, finalmente bajar la puerta de ingreso de la cabina de enfriamiento 2 y encender las flautas de alimentación de gas y encender las resistencias de enfriamiento 1.

### Enfriamiento 2

- **Inicio de enfriamiento 2:** dejar el vidrio en la cabina de Enfriamiento2 hasta que el pirómetro indique una temperatura de 200 a 250°C, para iniciar el traspaso a Enfriamiento3.
- **Preparar cabina de enfriamiento 3 para el traspaso del vidrio:** verificar que la temperatura de la cabina de Enfriamiento 3 se encuentre mayor que la temperatura de la cabina de Enfriamiento 2 se encuentre a + 20°C (De 220°C a 270°C) con respecto a la temperatura de la cabina de Enfriamiento1.

- **Traspaso de vidrio de enfriamiento 2 a enfriamiento 3:** girar el timón hasta que el carro haya avanzado a la mitad de la cabina de Enfriamiento 3 aproximadamente para que se dirija hacia la puerta de salida de la cabina de Enfriamiento 3 (coger el tubo de enganche y encajar al carro porta molde). Luego jalar el carro hasta que el coche este totalmente centrado en la cabina de Enfriamiento3. Bajar la puerta de ingreso de la cabina de Enfriamiento3. Encender las flautas de alimentación de gas de Enfriamiento2.

### **Enfriamiento 3.**

- **Inicio de enfriamiento 2:** Dejar el vidrio en la cabina de Enfriamiento 3 hasta que el pirómetro indique una temperatura de 50 - 45°C para abrir la puerta de salida y dejarlo así por 30 minutos.
- **Salida del vidrio del horno de curvado:** se debe colocar el riel del carro de salida de tal manera que el riel coincida con el riel de la cabina de enfriamiento para luego jalar el riel de salida del carro de tal manera que el quede afuera todo el carro fuera de la cabina.

## **3.4. Propuesta de mejoramiento del horno curvado XXL**

### **3.4.1. Colocación de molde tipo cama y vidrio.**

- **Colocar molde sobre carro transportador:** Al inicio de cada corrida proteger los topes metálicos con cinta de seda, las distancias centrales del vidrio a los topes deben ser de 10 y 12 mm, para esto se debe usar una regla milimétrica.
- **Colocar vidrio en molde:** Colocar tiza sobre la pista del molde, luego colocar una cinta engomada entre los puntos de contacto entre vidrio y molde, después revisar visualmente los indicadores de bomba.

### **3.4.2. Habilitar ingreso al horno y precalentamiento**

- **Habilitar para ingreso al horno:** Para vidrios con curvas complejas, colocar una tela de sílice para evitar la contra bomba en el vidrio a curvar. Luego mediante los sensores de temperatura revisar que las cabinas de curvado se encuentren dentro de los rangos del horno, esta inspección debe ser continua.

- **Ingreso al horno de pre calentamiento:** El precalentamiento se realiza en las cabinas 1, 2, 3 y 4. Para ello se abre la compuertas y se activa el transporte del carro. La cabina 1 debe estar en el rango de temperatura de 210° C a 230° C, la cabina 2 en el rango de 330° C a 350° C, la cabina 3 en el rango de 350° C a 400° C y la cabina 4 debe tener 515° C de temperatura.

*Figura n.º 0-75. Ingreso al horno y precalentamiento*

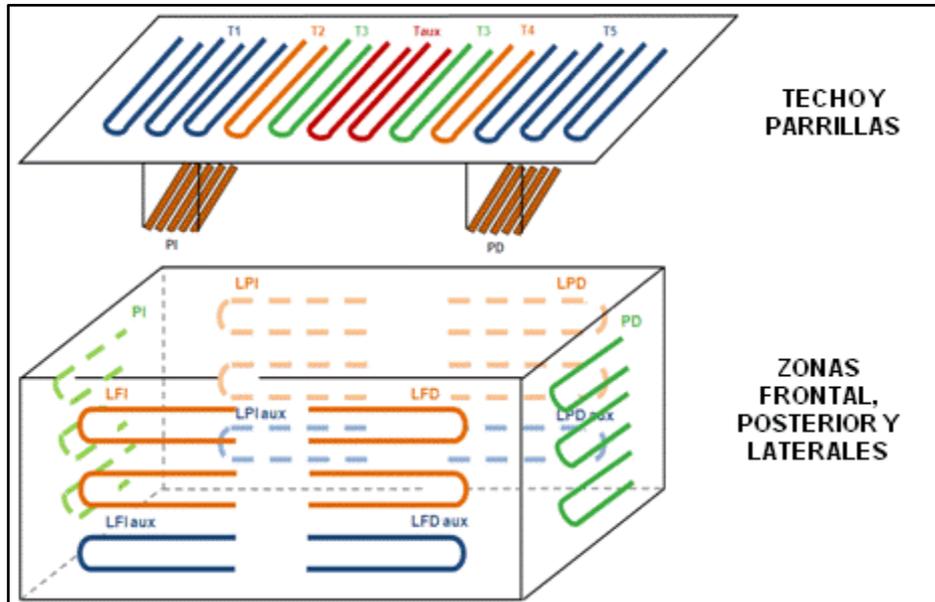


*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

### 3.4.3. Curvado

- **Centrado del vidrio:** Verificar que el vidrio este centrado en el molde, de ser necesario se debe centrar.
- **Hornos para curvar:** Para la operación de curvado se usa el horno principal en el rango de temperatura de 600° C a 640° C, luego pasa a la cabina 6 que tiene una temperatura entre 500° C-510° C, enseguida a la cabina 7 donde la temperatura se encuentra entre 320° C y 350° C. Para terminar la operación de curvado se pasa el vidrio a la cabina 8, donde se somete a una temperatura no menor de 280° C.

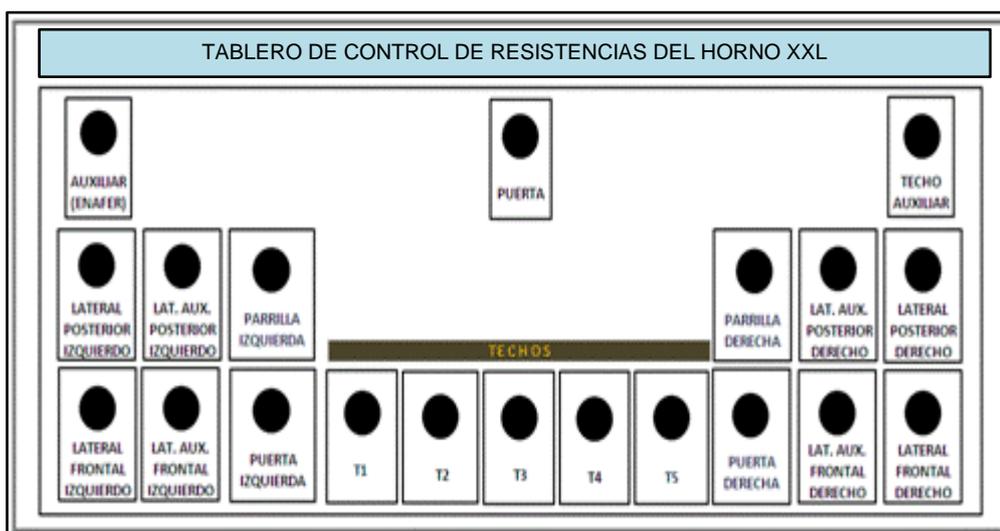
*Figura n.º 0-86. Disposición de resistencias en el horno principal y cabinas*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- **Tablero de resistencias:** Para las zonas de mayor curvatura del vidrio se usa las parrillas, las cuales pueden activarse desde el tablero de control de resistencias. Después de curvar se debe apagar las parrillas.

*Figura n.º 0-97. Tablero de control de resistencias*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

**2.4.4. Enfriamiento, nuevo ingreso y registro**

- **Enfriamiento:** Se habilito 4 ventanas para un enfriamiento más rápido, se abren estas ventanas y se traslada el carro a la cabina de enfriamiento.

*Figura n.º 0-108. Cabina de enfriamiento*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- **Nuevo ingreso:** Se ingresa un nuevo vidrio a la cabina de curvado teniendo en cuenta las instrucciones antes mencionadas.
- **Registro:** Registrar la producción en un reporte del proceso de curvado.

*Figura n.º 0-119. Registro del proceso de curvado*

*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

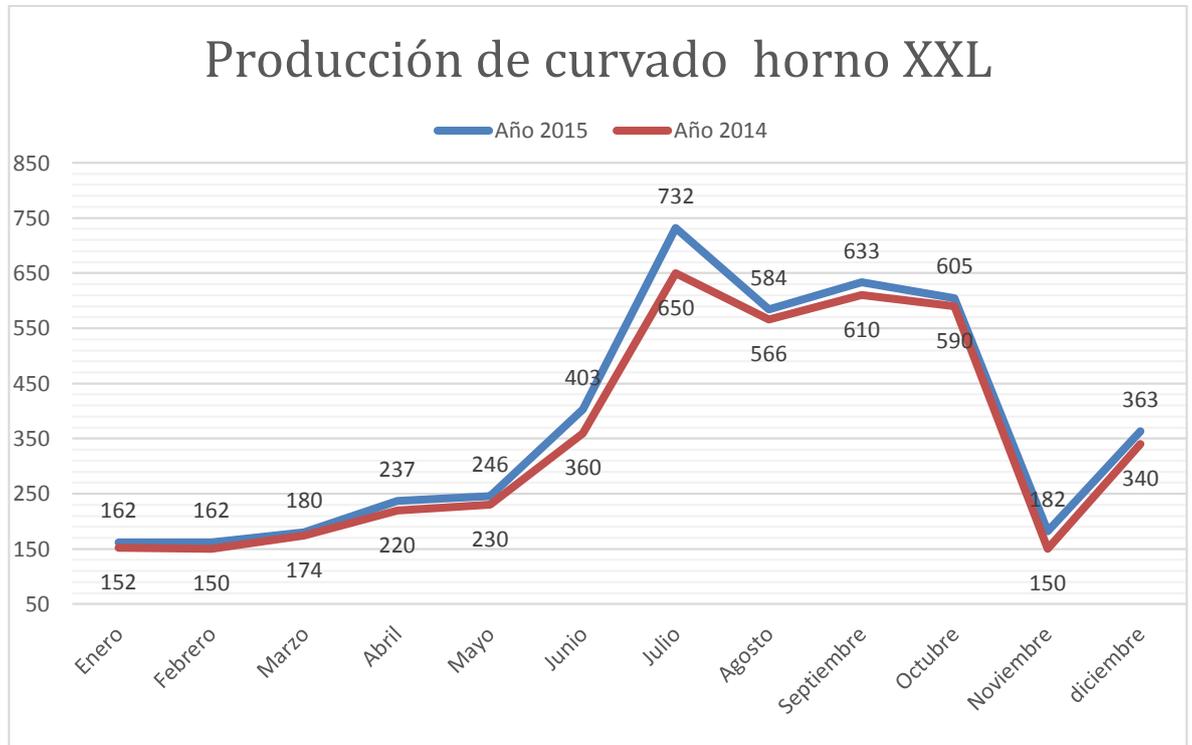
### 3.5. Producción del horno XXL en el año 2014 y 2015

Tabla n.º 0-2. Producción del horno XXL en el año 2014 y 2015

Año	MES	PIEZAS	Año	MES	PIEZAS
2014	Enero	152	2015	Enero	162
2014	Febrero	150	2015	Febrero	162
2014	Marzo	174	2015	Marzo	180
2014	Abril	220	2015	Abril	237
2014	Mayo	230	2015	Mayo	246
2014	Junio	360	2015	Junio	403
2014	Julio	650	2015	Julio	732
2014	Agosto	566	2015	Agosto	584
2014	Septiembre	610	2015	Septiembre	633
2014	Octubre	590	2015	Octubre	605
2014	Noviembre	150	2015	Noviembre	182
2014	diciembre	340	2015	diciembre	363

Fuente: Elaboración propia

Figura n.º 0-20. Producción del horno de curvado XXL en el año 2014 y 2015



Fuente: Elaboración propia

A continuación, se muestra el resumen del escenario actual y del objetivo a lograr con la modificación de los carros tipo cama.

**Tabla n.º 0-3. Comparación escenario actual con objetivo**

Producción 2015	Producción 2016
Pbs N 5 = 6 x día	Pbs N 5 = 6 Pbs y 24 lat. x día
Pbs N 3 = 12 x día	Pbs N 3 = 24 x día
Mix = 3 Pbs y 16 lat. X día	Mix = 6 Pbs y 16 lat. X día
Lat. MLL = 40pzas x día	Lat. MLL = 48pzas x día

**Fuente:** *Elaboración propia*

PBS = Parabrisas

Lat. = Laterales.

MLL = molde lleno.

N5 = nivel 5

Mix = combinación entre PBS y LAT.

Se observa que en la tabla anterior que la producción de parabrisas del tipo N 5 se mantiene igual, pero se aumenta en 24 unidades los parabrisas laterales y del parabrisas del tipo N 3 se duplica su producción a 24 unidades por día. En el caso de la combinación entre parabrisas y laterales se aumenta el número de parabrisas a 6 unidades por día y el número de laterales se mantiene en 16 por día y los laterales de molde lleno se aumentan en 8 piezas por día.

### 3.5.1. Análisis de oportunidades de mejoras en el horno XXL

- El arrastre de los coches que están dentro del horno XXL se realiza manualmente.

**Figura n.º 0-21. Arrastre manual entre cabina**



**Fuente:** *Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

- El control de temperaturas del horno XXL se realiza manualmente, según las necesidades de variación de temperaturas.

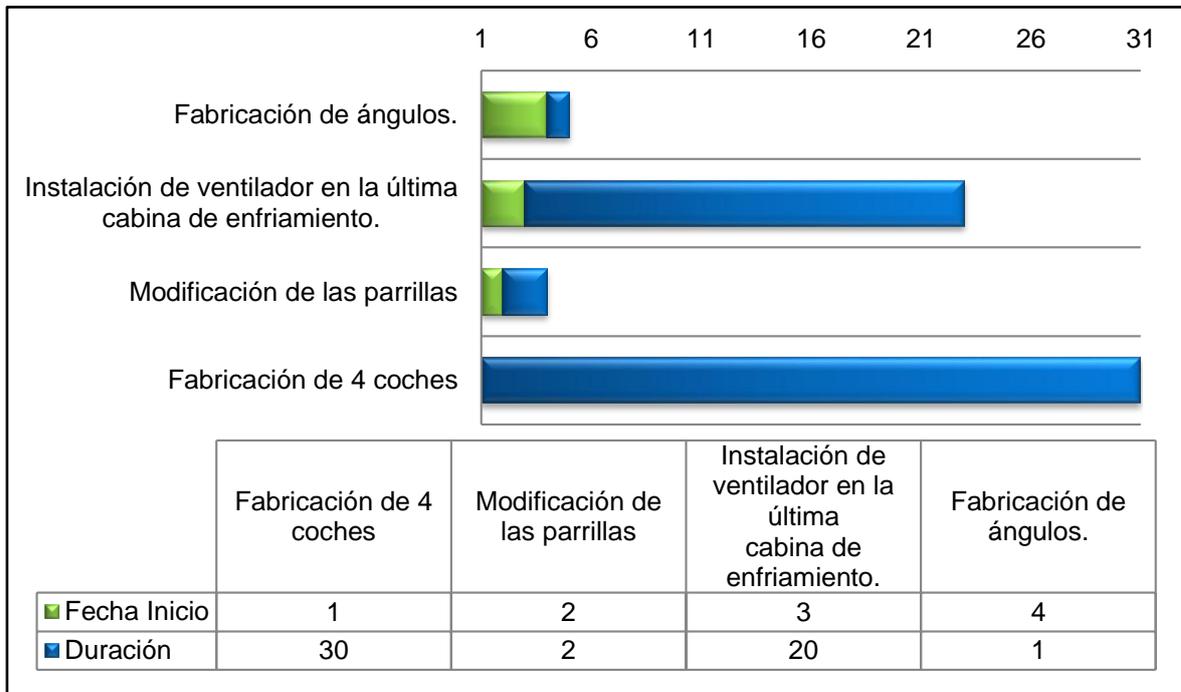
*Figura n.º 0-22. Control manual de temperaturas*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

### 3.5.2. Plan de trabajo

*Figura n.º 0-123. Plan de trabajo*



*Fuente: Elaboración propia*

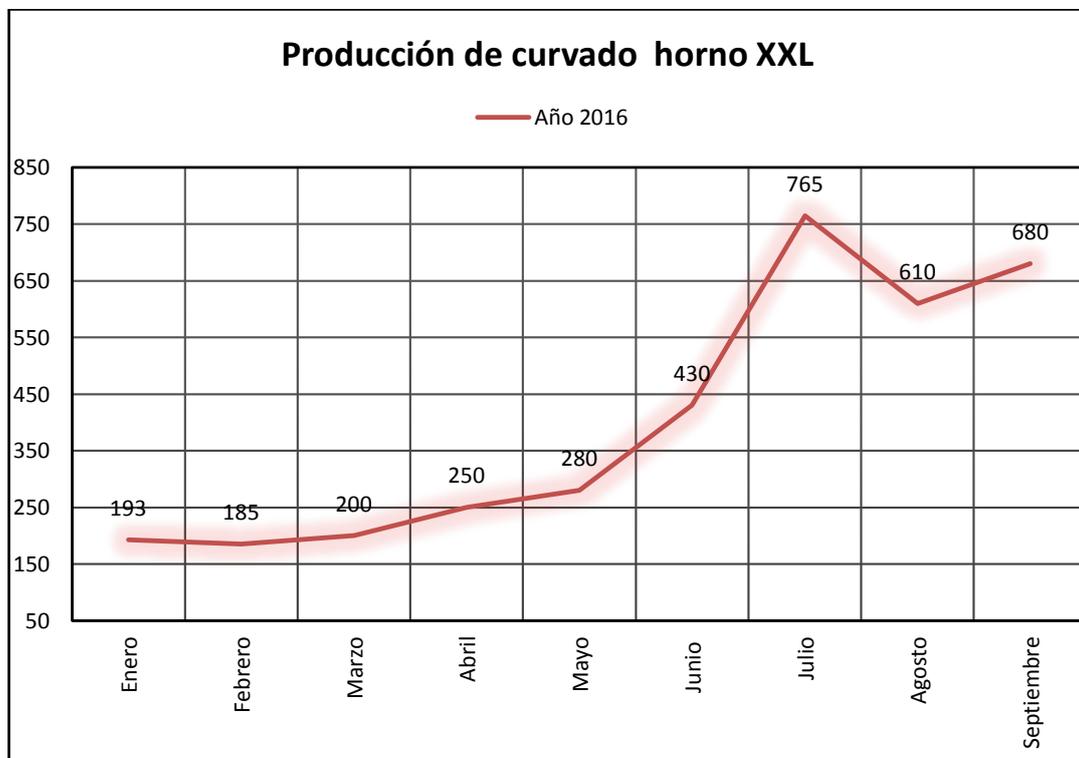
### 3.6. Producción del horno XXL en el año 2016

*Tabla n.º 0-4 Producción del horno XXL en el año 2016, con la mejora*

Año	MES	PIEZAS
2016	Enero	193
2016	Febrero	185
2016	Marzo	200
2016	Abril	250
2016	Mayo	280
2016	Junio	430
2016	Julio	765
2016	Agosto	610
2016	Septiembre	680
2016	Octubre	
2016	Noviembre	
2016	diciembre	

*Fuente: Elaboración propia*

*Figura n.º 0-134. Producción del horno de curvado con la mejora*



*Fuente: Elaboración propia*

Se propone a la empresa AGP PERU SAC la fabricación de 4 carros tipo CAMA, para el sistema de movimiento y curvado de vidrios según el prototipo aprobado por la alta gerencia.

*Figura n.º 0-145. Propuesta del carro tipo carro*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

Este nuevo diseño permitirá aumentar la capacidad de producción del Horno Curvado XXL, el cual es un cuello de botella en la producción actual.

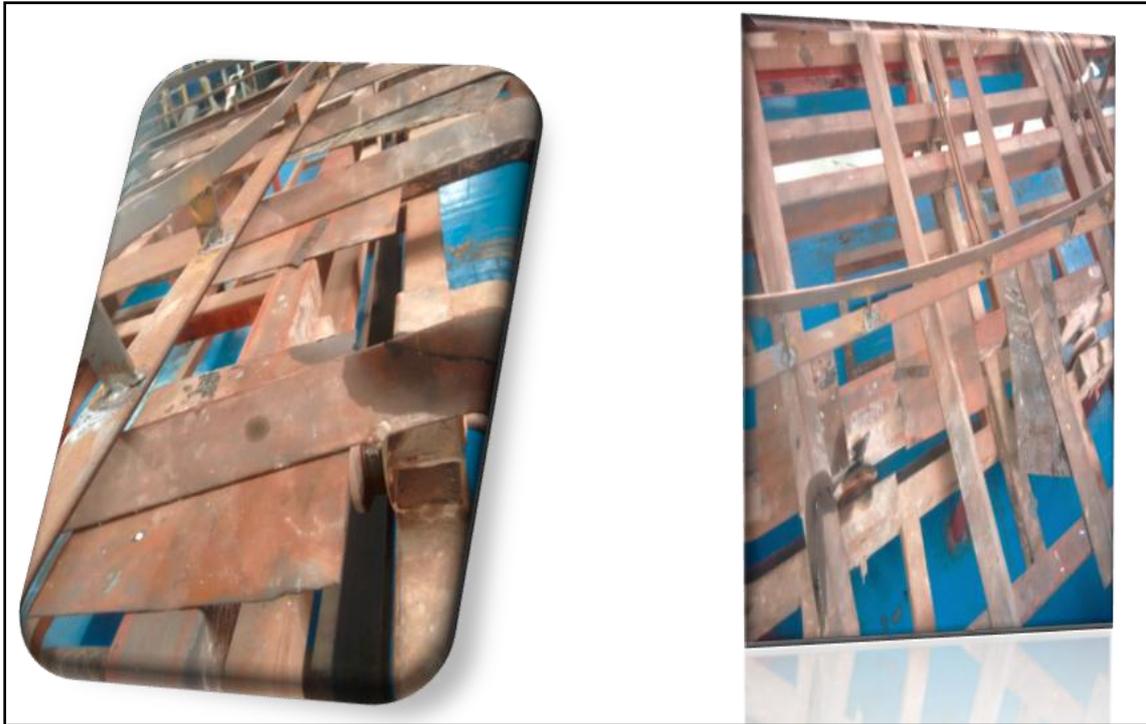
También se propone la colocación de un ventilador en la última cabina de enfriamiento a fin de aumentar el número de piezas producidas por turno.

Se propone colocar 4 ventanas en la última cabina de enfriamiento.

Modelos de pruebas:

- Ford Focus
- Toyota 4Runner
- Ford Explorer
- Jeep Gran Cherokee
- Ford Ranger

*Figura n.º 0-156. Escenario antes de la mejora.*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

*Figura n.º 3 27. Escenario después de la mejora.*



*Fuente: Procedimiento de curvado - AGP PERU SAC.*

## CAPITULO 4. RESULTADOS

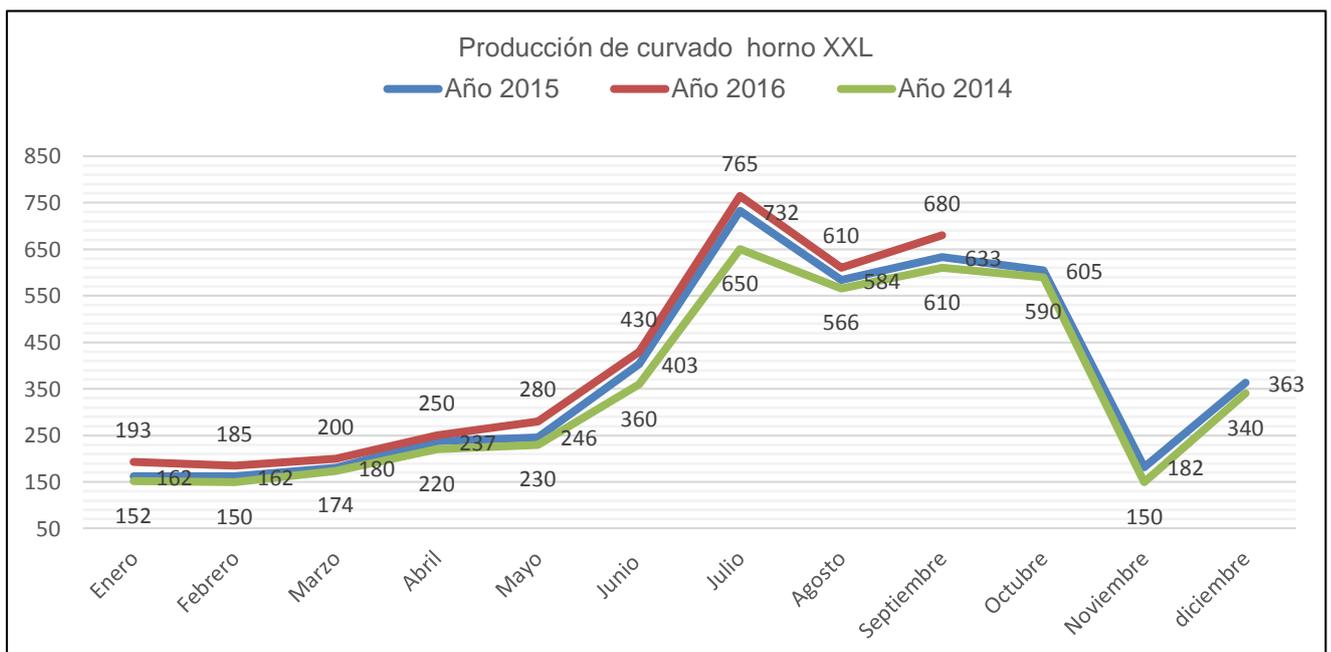
### 4.1. Comparación de la producción de los años 2014, 2015 y 2016

*Tabla n.º 4-1 Comparativo entre los años 2014 2015 y 2016*

Comparativo 2014- 2015- 2016 del Horno XXL								
Año	Mes	Piezas	Año	Mes	Piezas	Año	Mes	Piezas
2014	Enero	152	2015	Enero	162	2016	Enero	205
2014	Febrero	150	2015	Febrero	162	2016	Febrero	195
2014	Marzo	174	2015	Marzo	180	2016	Marzo	220
2014	Abril	220	2015	Abril	237	2016	Abril	250
2014	Mayo	230	2015	Mayo	246	2016	Mayo	280
2014	Junio	360	2015	Junio	403	2016	Junio	440
2014	Julio	650	2015	Julio	732	2016	Julio	775
2014	Agosto	566	2015	Agosto	584	2016	Agosto	630
2014	Septiembre	610	2015	Septiembre	633	2016	Septiembre	680
2014	Octubre	590	2015	Octubre	605	2016	Octubre	
2014	Noviembre	150	2015	Noviembre	182	2016	Noviembre	
2014	diciembre	340	2015	Diciembre	363	2016	diciembre	

*Fuente: Elaboración propia*

*Figura n.º 0-16 Comparación de producción del horno de curvado en los años 2014, 2015 y 2016*



*Fuente: Elaboración propia*

## 4.2. Productividad

### Cálculo de productividad 2015 antes de la mejora.

Horas de trabajo = 24 hr

Días trabajado = 25

Trabajadores = 6 (2 trabajadores por turno)

Producción = 3339 piezas

$$Productividad\ 2015 = \frac{3339}{6 \times 24 \times 25 \times 9} = 0.103 \frac{piezas}{(hora \times hombre)}$$

### Cálculo de productividad 2016 después de la mejora.

Horas de trabajo = 24 hr

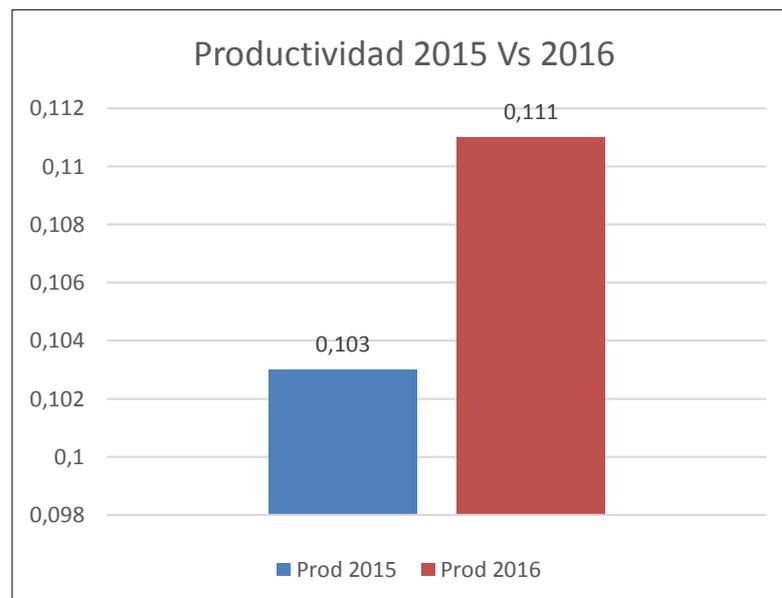
Días trabajado = 25

Trabajadores = 3 (1 trabajador por turno)

Producción = 3593 piezas

$$Productividad\ 2016 = \frac{3593}{3 \times 24 \times 25 \times 9} = 0.111 \frac{piezas}{(hora \times hombre)}$$

**Figura n.º 4-17. Productividad 2015 vs 2016**



*Fuente: Elaboración propia*

### 4.3. Cuadro comparativo de la productividad

*Tabla n.º 4-5 Cuadro comparativo de la productividad de los años 2015 y 2016*

	Producción 2015	Producción 2016	Productividad 2015	Productividad 2016	Aumento de la productividad (%)
Enero	162	193	0.045	0.107	138
Febrero	162	185	0.045	0.103	128
Marzo	180	200	0.050	0.111	122
Abril	237	250	0.066	0.139	111
Mayo	246	280	0.068	0.156	128
Junio	403	430	0.112	0.239	113
Julio	732	765	0.203	0.425	109
Agosto	584	610	0.162	0.339	109
Septiembre	633	680	0.176	0.378	115
Octubre	605		0.168		
Noviembre	182		0.051		
Diciembre	363		0.101		

*Fuente: Elaboración propia*

Las unidades de la productividad de la tabla anterior se encuentran en: (piezas / (hora x hombre)).

#### 4.4. Reducción del tiempo total de producción en el horno XXL

- **Tiempo total en el horno XXL antes de la mejora**

$$T_{\text{antes de la mejora}} = 2.7 + 1.7 + 2.3 + 1.7 + 1.7 + 2.7$$

$$T_{\text{antes de la mejora}} = 12.8 \text{ horas}$$

- **Tiempo total en el horno XXL después de la mejora**

$$T_{\text{después de la mejora}} = 2.5 + 1.4 + 2.0 + 1.5 + 1.5 + 2.5$$

$$T_{\text{después de la mejora}} = 11.4 \text{ horas}$$

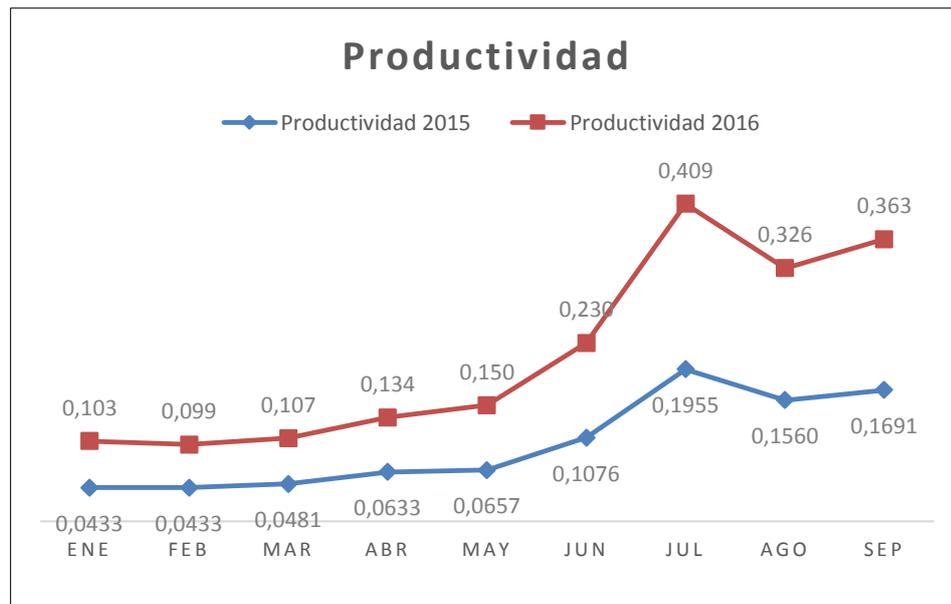
- **Porcentaje de reducción de tiempo en el horno**

$$\% \text{ Reducción de tiempo} = \frac{12.8 - 11.4}{12.8} * 100\%$$

$$\% \text{ Reducción de tiempo} = 10.9\%$$

Analizando los tiempos de producción antes y después de la mejora, y realizando cálculos, se puede observar que hay una reducción de tiempos de producción de 10.9% con respecto al tiempo antes de la mejora. Esto contribuye al aumento de la productividad en un 7.2% considerando que se ha tomado los datos tanto del año 2015 y 2016 solo por 9 mes.

**Figura n.º 4-18. Productividad por meses 2015 vs 2016**



Fuente: Elaboración propia

## CAPITULO 5. DISCUSIÓN

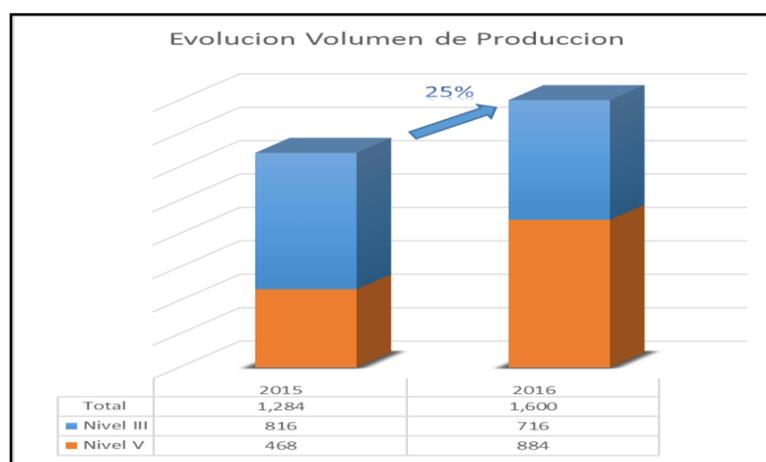
### 5.1. Rediseño del carro tipo cama en la empresa AGP PERÚ SAC.

Mediante la modificación que se realizó en el horno de curvado con los carros tipo cama, con esta modificación hemos logrado el incremento de la capacidad de piezas curvadas, para poder cubrir la demanda solicitada por los clientes.

### 5.2. Impacto en costos del proyecto, para la empresa AGP PERÚ SAC.

Durante los últimos dos años el mercado de vidrio blindado en niveles altos (Nivel de protección balística) ha presentado un incremento en su nivel de demanda generado principalmente por aspectos de orden público y seguridad nacional principalmente en los mercados de Venezuela y Medio Oriente, esto ha generado que la compañía se vea en la necesidad de buscar alternativas que le permitan incrementar su capacidad productiva para poder atender el incremento en la demanda de los mercados asignados a la compañía. Considerando el proceso productivo del vidrio de seguridad, la fase que demarca la capacidad productiva de la compañía es el proceso de curvado, para lo cual, se ha desarrollado este proyecto con el objetivo de incrementar la capacidad real de la planta y de este modo poder incrementar su nivel de ventas con una inversión poco significativa comparada con los beneficios generados con este aumento en la producción. Con la ejecución a septiembre y bajo las proyecciones de los pedidos ya colocados en planta por parte del área comercial, se estima para el 2016 un cierre en volumen de producción de la siguiente forma:

*Figura n.º 0-1 Evolución del Volumen de Producción 2015 – 2016 (Proy.)*



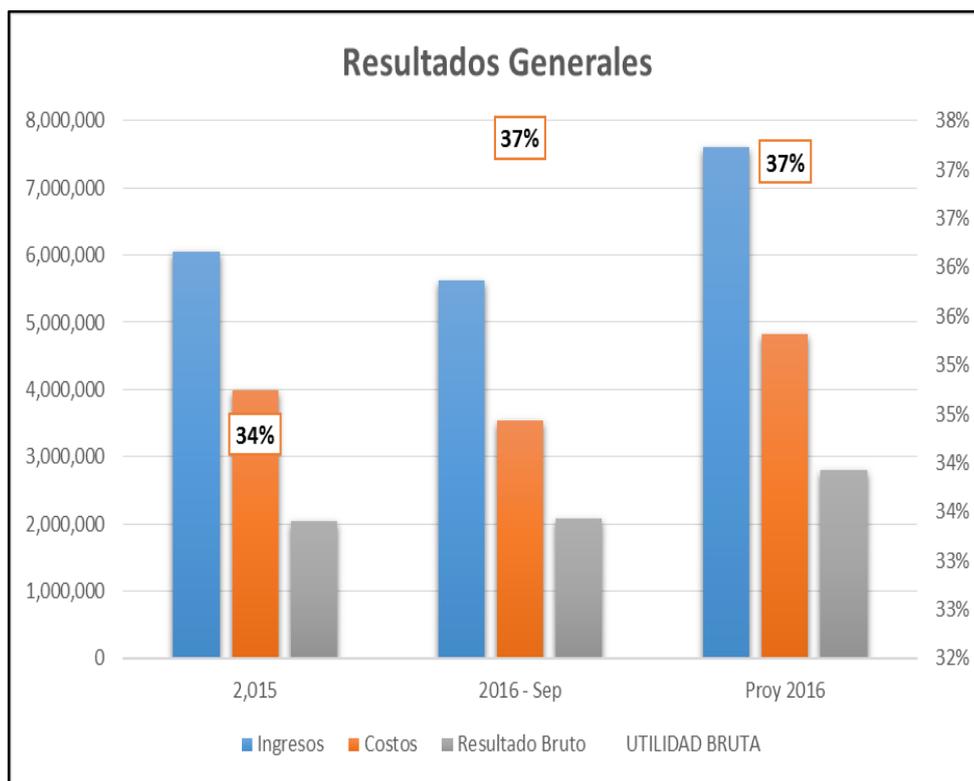
*Fuente: Elaboración propia*

Este crecimiento del volumen ha sido posible gracias a la mejora de los niveles de productividad en las fases claves del proceso como lo es curvado, permitiendo un mejor aprovechamiento de los recursos con los que cuenta la compañía y un incremento en el beneficio en términos de resultados financieros dado este mayor volumen de ventas.

### 5.3. Impacto en los resultados financieros de la compañía.

El comportamiento anterior ha generado un impacto favorable los indicadores de rentabilidad de la empresa, en términos generales, el margen bruto de la compañía se ha incrementado 3 puntos porcentuales respecto el año anterior equivalentes a USD700K, con un mejor aprovechamiento de toda la infraestructura con la cuenta la planta, la cual le ha permitido incrementar sustancialmente su nivel de producción y venta.

*Figura n.º 0-2 Detalle Utilidad Bruto 2015 y 2016*



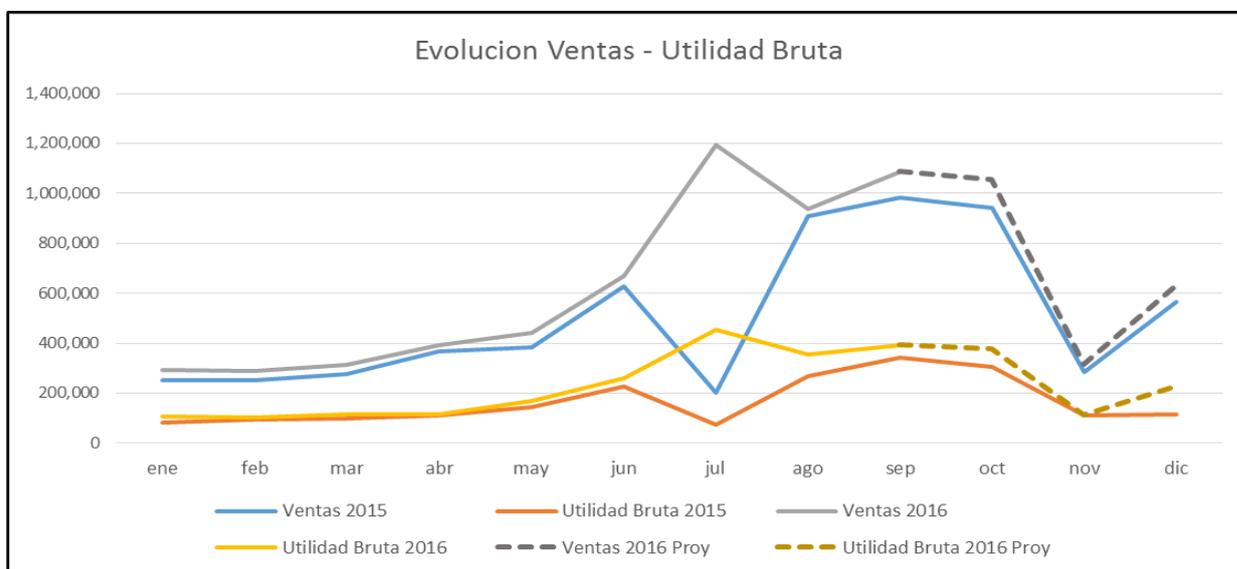
*Fuente: Elaboración propia*

**Tabla n.º 0-1** Análisis comparativo entre el año 2015 y 2016

	2,015	2016 - Sep	Proy 2016
Ingresos	6,041,044	5,613,409	7,617,150
Costos	3,991,574	3,538,620	4,820,635
Resultado Bruto	2,049,470	2,074,789	2,796,515
Utilidad bruta	34%	37%	37%

*Fuente: Elaboración propia*

**Figura n.º 0-3** Evolución de ventas VS utilidad bruta del año 2015 y 2016



*Fuente: Elaboración propia*

Con una inversión poco representativa, se ha logrado viabilizar el abastecimiento del incremento en la demanda de los mercados para los cuales se fabrica, con este incremento en la capacidad del horno, se han podido optimizar en general toda la estructura de costos fijos de la planta, con las siguientes premisas:

- leves incrementos en costos de energía dado el aumento en el nivel de potencia requerido por el horno para el proceso de curvado bajo este nuevo nivel de producción,
- Aumento de una persona de mano de obra directa para poder abastecer y operar el proceso de curvado.

- c. Contratación de dos operarios de herramientas para la fabricación de moldes dado el nuevo nivel de producción.

*Tabla n.º 0-2 Resultados financieros 2015 - 2016*

	2015			2016			Variación
	Nivel III	Nivel V	Total	Nivel III	Nivel V	Total	
Cantidad M <sup>2</sup>	816	468	1,284	716	884	1,600	25%
<b>Ventas</b>							
Total Facturado	3,479,027	2,562,017	6,041,044	3,091,044	4,526,106	7,617,150	26%
Precio Medio	4,262	5,475	4,704	4,318	5,120	4,761	1%
<b>Costos de Producción</b>							
Materia Prima	680,909	595,460	1,276,369	584,717	1,099,046	1,683,763	32%
Insumos	137,101	111,606	248,707	110,528	208,219	318,746	28%
S. Públicos	139,814	103,897	243,711	95,442	178,152	273,593	12%
Embalaje	107,840	70,932	178,773	86,138	162,273	248,411	39%
<b>Costo variable</b>	<b>1,065,664</b>	<b>881,895</b>	<b>1,947,559</b>	<b>876,825</b>	<b>1,647,689</b>	<b>2,524,514</b>	<b>30%</b>
MOD	373,765	276,392	650,156	259,376	485,403	744,780	15%
MOI	391,450	284,619	676,070	261,422	489,769	751,192	11%
CIF	414,796	302,992	717,788	279,267	520,882	800,149	11%
<b>Costo fijo</b>	<b>1,180,012</b>	<b>864,003</b>	<b>2,044,015</b>	<b>800,065</b>	<b>1,496,055</b>	<b>2,296,120</b>	<b>12%</b>
<b>TOTAL COSTO</b>	<b>2,245,676</b>	<b>1,745,898</b>	<b>3,991,574</b>	<b>1,676,890</b>	<b>3,143,744</b>	<b>4,820,635</b>	<b>21%</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>	<b>2,751</b>	<b>3,731</b>	<b>3,108</b>	<b>2,342</b>	<b>3,556</b>	<b>3,013</b>	<b>-3%</b>
<b>UTILIDAD BRUTA</b>	<b>1,233,351</b>	<b>816,119</b>	<b>2,049,470</b>	<b>1,414,154</b>	<b>1,382,361</b>	<b>2,796,515</b>	<b>36%</b>
<b>Margen Bruto</b>	<b>35%</b>	<b>32%</b>	<b>34%</b>	<b>46%</b>	<b>31%</b>	<b>37%</b>	<b>8%</b>

*Fuente: Planilla de costos – AGP PERÚ SAC.*

En consecuencia, el nivel de ventas presenta un incremento en el nivel de ventas del 26%, favoreciendo la participación en el mercado de la organización y permitiendo lograr nuevos clientes. En cuanto la estructura de costos fijos, con una participación del 48% del costo total, tiene un incremento del 12%, lo cual a nivel unitario representa una disminución del 10%.

Respecto el costo variable se observa un leve incremento a nivel unitario considerando componentes nuevos de fórmulas diferenciales en la composición del producto.

Esto le ha permitido a la organización implementar proyectos de la misma naturaleza en las plantas de Colombia y Brasil, logrando a niveles corporativos resultados muy satisfactorios, viabilizando estrategias competitivas para incrementar su participación en el mercado a nivel global, basados no solo en una mayor capacidad de venta sino también en una estructura de costos más competitivos que permiten mantener sus niveles de ventas y acceder a nuevos nichos de mercado donde el precio representa el mayor incentivo para adquirir sus productos.

## CONCLUSIONES

- Se aumentó la productividad del horno XXL en un 7.2%, siendo reflejado esto en un aumento de 3 puntos porcentuales, resultado que deriva de la comparación de rentabilidad de los años 2015 y 2016.
- Los costos de producción disminuyeron, siendo el costo unitario promedio de producción de parabrisas de nivel III y V, en el año 2015, de 3108 soles, mientras que el año 2016 el costo unitario de los parabrisas de nivel III y V es de 3013 soles.
- Las mejoras realizadas en el horno XXL, como rediseño del carro de transporte del vidrio, automatizar parcialmente el control del horno XXL, adicionar ventanas y ventilador de enfriamiento. Permitieron el aumento de la producción del horno XXL.
- Automatizar el horno permitió el uso de menos horas hombre en la operación del horno XXL. El control de temperaturas de las cabinas y el desplazamiento del carro transportador fueron automatizados, ya que antes se hacía manualmente.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar un ventilador y crear ventanas para un enfriamiento más rápido, sin llegar a dañar la estructura del vidrio, ya que un enfriamiento muy rápido puede cambiar su estructura.
- Modificar los carros de transporte para realizar un curvado continuo de los vidrios, asimismo se pueden construir carros de transporte para curvar diferentes modelos de parabrisas.
- Realizar estos cambios en los demás hornos XXL que tiene la empresa, logrando así un efecto multiplicador en la rentabilidad.
- Buscar la mejora continua del horno XXL, para que a futuro se puedan implementar mejoras que en este estudio no se realizó. Logrando de esta manera una mejora constante para la empresa AGP Perú.
- Formar un equipo de trabajo para identificar oportunidades de mejoras, siendo esto beneficioso para la empresa a largo y mediano plazo.

## REFERENCIAS

Belart Esquera, Ignasi (2009). Propuesta de los procesos y equipos de producción para una fábrica de parabrisas de vidrio laminado. (Trabajo final de carrera). Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona, España.

Bernal R. Sandra (2004). Estandarización de métodos y tiempos para las líneas de laminado y templado en Vitro Colombia S.A. (Trabajo de grado). Universidad de la Sabana. Chia, Colombia.

Cárdenas Alemán F. (1991). Vidrio templado, teoría y solución de un problema industrial. (Trabajo de Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.

Chase, Jacobs, Aquilano, Richard B, F. Robert, Nicholas J. (2006). Administración de operaciones producción y cadena de suministros. México: Duodécima edición, Mc Graw Hill: 2006.

Gonzales R. Jesús (2002). Análisis de rotura de parabrisas en el empaque y transporte. (Tesis de grado de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.

Granados S. Astrid (2006). Diseño y distribución de la nueva planta de producción de vidrio templado Vitelsa del Pacífico S.A. (Tesis de título profesional). Escuela de estudios industriales y empresariales. Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga, Colombia.

Mario Mencía E.Y. (2010). Evaluación del porcentaje de aprovechamiento de materia prima y la eficiencia térmica de hornos para producir vidrio fundido.

Meyers, Stephens, Fred E., Mathew. (2006). Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales, México.

España. Ministerio de asuntos exteriores (1984). Prescripciones uniformes para la homologación de los vidrios de seguridad y de los materiales para acristalamiento.

Niebel, Benjamin (2001). Ingeniería industrial: Métodos estándares y diseño del trabajo. Duodécima edición. Mc Graw Hill

Pearson, Carlos. (2009). Manual del vidrio plano. Cámara del vidrio plano y sus manufacturas de la República de Argentina. 3° Edición. Buenos aires, Argentina.

Serna C. Francisco (2014). Análisis de la transferencia de calor en hornos regenerativos para vidrios sódico cálcico. (Tesis para de grado de maestría). Universidad Autónoma de Nuevo León. Monterrey, México.

## ANEXOS

Anexo n.º 1 Producción del horno curvado XXL del año 2012 al año 2016 .....	77
Anexo n.º 2 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel III del año 2015.....	78
Anexo n.º 3 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel V del año 2015 .....	79
Anexo n.º 4 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel III del año 2016.....	80
Anexo n.º 5 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel V del año 2015 .....	81

*Anexo n.º 1 Producción del horno curvado XXL del año 2012 al año 2016*

Horno de curvado XXL														
Año	Mes	Piezas	Año	Mes	Piezas	Año	Mes	Piezas	Año	Mes	Piezas	Año	Mes	Piezas
2012	Enero	145	2013	Enero	150	2014	Enero	152	2015	Enero	162	2016	Enero	205
2012	Febrero	140	2013	Febrero	155	2014	Febrero	150	2015	Febrero	162	2016	Febrero	195
2012	Marzo	170	2013	Marzo	180	2014	Marzo	174	2015	Marzo	180	2016	Marzo	220
2012	Abril	190	2013	Abril	210	2014	Abril	220	2015	Abril	237	2016	Abril	250
2012	Mayo	220	2013	Mayo	225	2014	Mayo	230	2015	Mayo	246	2016	Mayo	280
2012	Junio	340	2013	Junio	350	2014	Junio	360	2015	Junio	403	2016	Junio	440
2012	Julio	640	2013	Julio	655	2014	Julio	650	2015	Julio	732	2016	Julio	775
2012	Agosto	540	2013	Agosto	570	2014	Agosto	566	2015	Agosto	584	2016	Agosto	630
2012	Septiembre	625	2013	Septiembre	620	2014	Septiembre	610	2015	Septiembre	633	2016	Septiembre	680
2012	Octubre	580	2013	Octubre	595	2014	Octubre	590	2015	Octubre	605	2016	Octubre	695
2012	Noviembre	150	2013	Noviembre	160	2014	Noviembre	150	2015	Noviembre	182	2016	Noviembre	
2012	diciembre	335	2013	diciembre	345	2014	diciembre	340	2015	diciembre	363	2016	diciembre	

*Fuente: Reportes de producción - AGP PERU SAC.*

*Anexo n.º 2 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel III del año 2015*

<b>BRG Automotriz Curvo Nivel III</b>	<b>ene-15</b>	<b>feb-15</b>	<b>mar-15</b>	<b>abr-15</b>	<b>may-15</b>	<b>jun-15</b>	<b>jul-15</b>	<b>ago-15</b>	<b>sep-15</b>	<b>oct-15</b>	<b>nov-15</b>	<b>dic-15</b>
<b>Piezas</b>	103	103	119	154	155	252	86	371	405	381	115	228
<b>M<sup>2</sup></b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>39</b>	<b>51</b>	<b>51</b>	<b>83</b>	<b>28</b>	<b>123</b>	<b>134</b>	<b>126</b>	<b>38</b>	<b>75</b>
Materia Prima	900	886	896	835	832	821	811	822	828	824	831	822
Insumos	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168	168
S. Públicos	165	151	155	184	156	161	159	178	160	172	146	230
Embalaje	125	127	124	133	135	136	134	133	130	132	133	135
<b>Costo variable</b>	<b>1,358</b>	<b>1,332</b>	<b>1,342</b>	<b>1,319</b>	<b>1,290</b>	<b>1,286</b>	<b>1,271</b>	<b>1,301</b>	<b>1,286</b>	<b>1,296</b>	<b>1,279</b>	<b>1,355</b>
MOD	436	385	389	541	438	453	451	549	472	501	409	642
MOI	442	412	443	573	457	470	495	532	483	508	432	674
CIF	516	439	459	540	461	489	507	596	513	554	454	716
<b>Costo fijo</b>	<b>1,395</b>	<b>1,236</b>	<b>1,292</b>	<b>1,654</b>	<b>1,357</b>	<b>1,411</b>	<b>1,452</b>	<b>1,677</b>	<b>1,468</b>	<b>1,563</b>	<b>1,295</b>	<b>2,032</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>	<b>2,753</b>	<b>2,568</b>	<b>2,634</b>	<b>2,973</b>	<b>2,647</b>	<b>2,698</b>	<b>2,724</b>	<b>2,979</b>	<b>2,754</b>	<b>2,859</b>	<b>2,574</b>	<b>3,387</b>

*Fuente: Planilla de costos - AGP PERU SAC.*

*Anexo n.º 3 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel V del año 2015*

<b>BRG Automotriz Curvo Nivel V</b>	<b>ene-15</b>	<b>feb-15</b>	<b>mar-15</b>	<b>abr-15</b>	<b>may-15</b>	<b>jun-15</b>	<b>jul-15</b>	<b>ago-15</b>	<b>sep-15</b>	<b>oct-15</b>	<b>nov-15</b>	<b>dic-15</b>
<b>Piezas</b>	59	59	61	83	91	151	46	213	228	224	67	135
<b>M²</b>	<b>19</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>50</b>	<b>15</b>	<b>70</b>	<b>75</b>	<b>74</b>	<b>22</b>	<b>45</b>
Materia Prima	1,373	1,352	1,367	1,274	1,270	1,253	1,238	1,255	1,263	1,258	1,269	1,255
Insumos	239	239	239	238	238	239	239	238	238	238	238	238
S. Públicos	214	196	200	238	202	209	205	230	207	223	190	298
Embalaje	144	145	142	152	154	156	154	153	150	152	153	154
<b>Costo variable</b>	<b>1,969</b>	<b>1,932</b>	<b>1,948</b>	<b>1,903</b>	<b>1,864</b>	<b>1,857</b>	<b>1,835</b>	<b>1,877</b>	<b>1,858</b>	<b>1,871</b>	<b>1,850</b>	<b>1,946</b>
MOD	575	503	518	643	521	537	535	652	560	595	485	762
MOI	583	538	590	680	543	558	587	632	573	603	513	800
CIF	680	573	611	641	547	580	602	708	609	658	540	850
<b>Costo fijo</b>	<b>1,838</b>	<b>1,615</b>	<b>1,718</b>	<b>1,963</b>	<b>1,611</b>	<b>1,676</b>	<b>1,724</b>	<b>1,991</b>	<b>1,743</b>	<b>1,855</b>	<b>1,538</b>	<b>2,412</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>	<b>3,808</b>	<b>3,547</b>	<b>3,667</b>	<b>3,866</b>	<b>3,475</b>	<b>3,532</b>	<b>3,560</b>	<b>3,868</b>	<b>3,601</b>	<b>3,726</b>	<b>3,387</b>	<b>4,358</b>

*Fuente: Planilla de costos - AGP PERU SAC.*

Anexo n.º 4 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel III del año 2016

BRG Automotriz Curvo Nivel III	Ene-16	Feb-16	Mar-16	Abr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Ago-16	Set-16
<b>Piezas</b>	121	93	95	117	124	224	376	357	237
<b>M<sup>2</sup></b>	<b>40</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>39</b>	<b>41</b>	<b>74</b>	<b>124</b>	<b>118</b>	<b>78</b>
Materia Prima	882	868	878	818	816	804	795	806	811
Insumos	154	154	154	154	154	154	154	154	154
S. Públicos	141	141	132	165	129	133	131	133	128
Embalaje	120	120	120	120	120	120	120	120	120
<b>Costo variable</b>	<b>1,298</b>	<b>1,284</b>	<b>1,285</b>	<b>1,258</b>	<b>1,219</b>	<b>1,212</b>	<b>1,201</b>	<b>1,214</b>	<b>1,214</b>
MOD	366	350	327	457	341	349	350	385	355
MOI	360	364	361	470	346	352	373	362	353
CIF	425	392	379	448	352	371	386	411	380
<b>Costo fijo</b>	<b>1,151</b>	<b>1,105</b>	<b>1,067</b>	<b>1,375</b>	<b>1,039</b>	<b>1,072</b>	<b>1,109</b>	<b>1,158</b>	<b>1,088</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>	<b>2,449</b>	<b>2,389</b>	<b>2,352</b>	<b>2,633</b>	<b>2,258</b>	<b>2,284</b>	<b>2,310</b>	<b>2,371</b>	<b>2,302</b>

*Fuente: Planilla de costos - AGP PERU SAC.*

Anexo n.º 5 Análisis económico del parabrisas tipo Nivel V del año 2016

BRG Automotriz Curvo Nivel V	Ene-16	Feb-16	Mar-16	Abr-16	May-16	Jun-16	Jul-16	Ago-16	Set-16
Piezas	72	92	105	133	156	206	389	253	443
M <sup>2</sup>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>35</b>	<b>44</b>	<b>52</b>	<b>68</b>	<b>128</b>	<b>84</b>	<b>146</b>
Materia Prima	1,345	1,325	1,340	1,248	1,244	1,227	1,213	1,230	1,238
Insumos	236	236	236	236	236	236	236	236	236
S. Públicos	215	215	201	252	197	203	200	203	195
Embalaje	184	184	184	184	184	184	184	184	184
<b>Costo variable</b>	<b>1,980</b>	<b>1,959</b>	<b>1,960</b>	<b>1,919</b>	<b>1,860</b>	<b>1,849</b>	<b>1,832</b>	<b>1,851</b>	<b>1,852</b>
MOD	558	534	498	698	520	533	534	587	542
MOI	550	555	551	717	527	538	569	553	539
CIF	649	597	578	683	537	565	590	626	579
<b>Costo fijo</b>	<b>1,756</b>	<b>1,686</b>	<b>1,628</b>	<b>2,098</b>	<b>1,585</b>	<b>1,636</b>	<b>1,693</b>	<b>1,767</b>	<b>1,660</b>
<b>TOTAL COSTO UNITARIO</b>	<b>3,736</b>	<b>3,645</b>	<b>3,588</b>	<b>4,017</b>	<b>3,445</b>	<b>3,485</b>	<b>3,524</b>	<b>3,618</b>	<b>3,512</b>

*Fuente: Planilla de costos - AGP PERU SAC.*