

**Universidad de Valparaíso
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil Industrial**



**Determinación de los tiempos de producción para la
programación en Comercial Dialum S.A.**

por

**Yubikza Nayarett Meier Zacall
Valentina del Pilar Tapia Olivares**

Trabajo de Título para optar al Grado de
Licenciado en Ciencias de la Ingeniería y título de
Ingeniero Civil Industrial

Prof. Guía Filadelfo De Mateo Gómez

Marzo, 2015

Dedico:

A mis abuelitos amados Sonia y Eugenio, por ser un pilar fundamental en todo lo que soy, tanto en lo académico, como en la vida, por su apoyo incondicional mantenido a través del tiempo. Además de ser unos abuelitos excepcionales y ejemplos a seguir.

Agradezco:

A mi gran amiga y compañera de tesis Valentina, por ser un gran apoyo en mi vida universitaria y más aún en el desarrollo de nuestra memoria, por su amistad y consejos.

A mi querido profesor Atilio Menichetti, por su apoyo incondicional, disposición y buenos consejos que lograron que nunca nos diéramos por vencidas cuando se nos presentaba dificultades.

A mi familia, por apoyarme en todo momento durante mi formación como profesional.

A todas aquellas personas que de alguna u otra manera estuvieron presentes en este proceso, que me dieron buenos consejos y entregaron vibras positivas para seguir en este camino y un abrazo cuando lo necesité.

A los docentes de mi querida carrera Ingeniería Civil Industrial de la Universidad de Valparaíso, por entregar sus conocimientos en la formación profesional.

Al personal de planta de la empresa Comercial Dialum S.A., por permitirnos ser parte de su empresa, donde no hubo ninguna barrera para poder desarrollar el presente trabajo de título.

Yubikza Meier Zaczall

Dedico:

A mi familia, a mis padres y hermanas, que con su esfuerzo, sacrificio, confianza y amor incondicional, me acompañaron en todos mis logros, y me sostuvieron en los momentos más difíciles, inspirándome a seguir adelante a pesar de las adversidades.

A ustedes, que me acompañan día a día, y a cada momento, con sus sonrisas que las veo en sueños, con sus abrazos y besos tiernos, que al cerrar los ojos los siento, y con los recuerdos, más hermosos que quedaron marcados para siempre en mi memoria, gracias mamita y nanita.

A mis amigos, que me muestran su cariño y preocupación, y que me hacen entender día a día el verdadero significado de la palabra amistad. A ti, Yubikza, gracias por estar conmigo en todo este proceso que hoy culmina, que no estuvo exento de problemas que juntas supimos salir adelante.

A los académicos que nos ayudaron en este largo proceso, especialmente a Profesor Atilio, por su paciencia inquebrantable, por los conocimientos entregados, pero principalmente por el afecto y apoyo dado, que nos permitió sentirnos respaldadas y acompañadas durante todo el camino trazado.

Infinitas gracias a todos, porque sin ustedes, esto no podría haber sido posible.

Valentina Tapia Olivares

Índice

Glosario.....	7
Lista de abreviaturas y siglas.....	8
Lista de Figuras	9
Lista de Tablas.....	10
Lista de Gráficos.....	11
Resumen Ejecutivo	12
Introducción.....	14
CAPÍTULO I.....	15
I. Antecedentes generales.....	15
1 La Empresa	15
1.1 Identificación de la Empresa.....	17
1.2 Plan estratégico	17
1.2.1 Política de calidad	17
1.3 Organización de la empresa	16
1.4 Productos	19
1.5 Volumen de producción.....	22
1.6 Personal	23
1.7 Estudio de mercado	23
1.8 Clientes	25
1.9 Proveedores.....	26
1.10 Instalaciones.....	27
CAPÍTULO II.....	30
II. Definición de procesos productivos	30
1 Proceso Productivo.....	30
1.1 Proceso de corte	32
1.2 Proceso de perforado y pulido	35
1.3 Proceso de pintura	39
1.4 Proceso de laminado.....	41
1.5 Proceso de templado.....	44

1.6 Proceso de termopanel.....	47
CAPÍTULO III	49
III. Definición y formulación del problema	49
1 Descripción del problema	49
1.1 Proceso de colocación de la orden de producción.....	49
CAPÍTULO IV	55
IV. Objetivos	55
1 Objetivo General.....	55
2 Objetivos Específicos	55
CAPÍTULO V	56
V. Marco Teórico.....	56
1 Manufactura.....	56
2 Sistema de producción.....	56
3 Administración de operaciones	57
4 Planeación de la producción	57
4.1 Planeación agregada	58
5 Programación	58
6 Secuenciación	62
7 Métodos de medición de tiempos estándares	67
7.1 Estudio de tiempo con cronómetro.....	68
CAPÍTULO VI	72
VI. Metodología	72
1 Etapa de definición.....	73
2 Etapa de investigación.....	73
3 Etapa de Desarrollo	73
CAPÍTULO VII.....	75
VII. Determinación de tiempos de producción.....	75
1 Determinación de Tiempo Estándar	75
2 Formulario para la Programación.....	80
CAPÍTULO VIII.....	87
VIII. Conclusión y recomendaciones	87

Anexos	89
Bibliografia.....	128

Glosario

- Calandra** : Laminador que mediante presión controlada por sistema proporcional independiente, lamina los vidrios. Se introducen los vidrios junto al PVB a la máquina donde se calienta el vidrio aproximadamente a 80°C (punto de fusión del PVB). Posteriormente se elimina el aire restante entre los vidrios y se realiza el primer sellado.
- Coating** : Recubrimiento
- Dualglass** : Doble vidrio hermético
- Dualsafe** : Laminado
- Low-e** : Vidrio de baja emisividad, que consiste en que una de sus caras tiene aplicado un revestimiento de baja emisividad que permite que buena parte de la radiación solar de onda corta atraviese el vidrio , y refleja la mayor parte de la radiación de calor de onda larga que producen, entre otras fuentes, los sistemas de calefacción, conservándolo en el interior.
- MOST** : Es un sistema predeterminado, el cual permite el análisis de cualquier operación manual y algunas operaciones con equipo. Se basa en actividades fundamentales, que se refieren a la combinación de movimiento de los objetos; las formas básicas de movimiento son descritas por secuencias.
- MTM** : Procedimiento que analiza cualquier operación manual o método con base en los movimientos básicos necesarios para ejecutarlos, asignando a cada movimiento un tiempo tipo predeterminado, que se define por la índole del movimiento y las condiciones en que se efectúe.
- Polivinil Butiral** : Resina termoplástica que se emplea para la lámina intermedia de un cristal de seguridad.
- Tempsafe** : Templado - Termoendurecido
- SpeedRate** : Método de toma de tiempo, que emplea como fundamental la valoración del ritmo del trabajo y suplementos del estudio de tiempo.

Lista de abreviaturas y siglas

ARA	: Árbol de la realidad actual
DVH	: Doble vidriado hermético
JS	: Job Shop
MP	: Materia prima
OP	: Orden de producción
PPO	: Pedido de plancha optimizada
PVB	: Polivinil Butiral
PVC	: Policloruro de Vinilo

Lista de Figuras

Figura 1.1.-	Organigrama “Comercial Dialum S.A.”	18
Figura 1.2.-	Vidrio doble hermético	19
Figura 1.3.-	Laminado	20
Figura 1.4.-	Vidrio Templado	21
Figura 1.5.-	Localización Comercial Dialum S.A.	28
Figura 1.6.-	Lay-out Comercial Dialum S.A.	29
Figura 2.1.-	Proceso productivo	31
Figura 2.2.-	Proceso de corte (Mesa 1 y 2)	33
Figura 2.3.-	Proceso de corte (Mesa KSR)	34
Figura 2.4.-	Proceso de perforado y pulido	36
Figura 2.5.-	Proceso de pulido (pulido KSR)	37
Figura 2.6.-	Proceso de pulido (Rectilínea y Bilateral)	38
Figura 2.7.-	Proceso de pintura	40
Figura 2.8.-	Proceso de laminado	42
Figura 2.9.-	Proceso de autoclave	43
Figura 2.10.-	Proceso de templado (Horno Keraglass)	45
Figura 2.11.-	Proceso de templado (Horno Tamglass)	46
Figura 2.12.-	Proceso de termopanel	48
Figura 3.1.-	Situación actual ingreso de orden de producción	51
Figura 3.2.-	Diagrama ARA	52
Figura 6.1.-	Metodología	72
Figura 7.1.-	Formulario. Datos generales – especificaciones técnicas	81
Figura 7.2.-	Formulario. Secuencia de Operaciones	82
Figura 7.3.-	Formulario. Tiempos	82
Figura 7.4.-	Estimación de tiempo para OP 49872, caso real	84
Figura 7.5.-	Tiempo de producción para OP 49872	85

Lista de Tablas

Tabla 1.1.-	Identificación de la empresa.....	17
Tabla 1.2.-	Personal de planta de Comercial Dialum S.A.....	23
Tabla 1.3.-	Clientes más importantes de Dialum y su respectivo rubro.....	26
Tabla 1.4.-	Proveedores más importantes de Comercial Dialum S.A.....	27
Tabla 3.1.-	Porcentaje de entrega a tiempo productos terminados anual 2010 – 2013.	49
Tabla 3.2.-	Porcentaje de ocurrencia.....	54
Tabla 5.1.-	Reglas de despacho más comunes.....	65
Tabla 7.1.-	Fórmula a utilizar por estación de trabajo.....	77
Tabla 7.2.-	Relación entre espesor – unidades a cargar en autoclave.....	78
Tabla 7.3.-	Tiempos constantes en procesos.....	78
Tabla 7.4.-	Variables de cada proceso.....	79

Lista de Gráficos

Gráfico 1.1.-	Volumen de producción.....	22
Gráfico 2.1.-	Porcentaje de producción por producto.....	32
Gráfico 7.1.-	Relación de variables en estación de trabajo Corte en mesa KSR.....	79

Resumen Ejecutivo

El presente trabajo de título, tiene como finalidad determinar los tiempos de producción para la programación, con el fin de poder realizar una planificación adecuada para aumentar la satisfacción de los clientes mediante el cumplimiento de las fechas de entrega.

Comercial Dialum S.A. se encuentra inmersa en el sector comercializador de vidrios para construcción, considerada como una de las empresas más importantes que existe en Chile en este rubro. Pero aun así, ésta no se encuentra exenta de problemas a la hora de entregar los productos a los clientes, lo cual le hace ser ineficiente desde el punto de vista operativo.

Para lograr una programación que permita cumplir con las fechas de entrega de cada producto a sus clientes, es esencial poseer un modelo para poder realizar una programación que permita efectuar la entrega del producto a tiempo, pero sea cual sea el modelo a utilizar si no dispone de datos estandarizados de tiempo no cumplirá con el objetivo de obtener una programación adecuada para lograr satisfacer a los clientes.

Para llevar a cabo este trabajo de título se desarrolló un marco teórico, dando énfasis en comprender los conceptos a utilizar. La comprensión de los conceptos permitió encontrar la solución necesaria para obtener el resultado que nos ayudó a resolver el problema detectado.

Una vez comprendido el marco teórico se comenzó con el análisis de los centros de trabajos que conforman la empresa, para comenzar a realizar las actividades necesarias para llevar a cabo la medición de los tiempos de producción que fue por medio del muestreo, para luego crear un formulario de programación, con la finalidad de entregar una herramienta de fácil acceso y utilización al programador.

Finalmente, se concluye que es vital para cualquier empresa manufacturera estandarizar los tiempos de producción para lograr realizar una programación adecuada, con

la finalidad de no generar un incumplimiento en la entrega de los productos en la fecha prevista con el cliente y como consecuencia provoque la migración de los clientes y una baja en la credibilidad de la empresa.

Palabras claves: *fecha de entrega, estación de trabajo, medición de tiempos.*

Introducción

Dentro de las diversas tareas que influyen en el desempeño de una empresa comercializadora, específicamente en vidrios, se encuentra claramente la programación de la producción. Si incorporamos a esta tarea el actual marco de competencia que enfrenta este sector, en donde cada vez son mayores los requerimientos solicitados, provoca que la oferta por parte de las distintas empresas de este mercado sea cada vez mayor, generando estrategias agresivas para captar cada vez más clientes, por lo tanto la programación de la producción adquiere una relevancia aún mayor.

El presente trabajo de título comienza con un breve resumen del entorno de la empresa Comercial Dialum S.A., donde se describe el negocio, para luego entregar el contexto en el que está inmersa la empresa describiendo su organización, sus productos y clientes. Una vez introducidos en el ámbito de acción de la empresa se describe el problema detectado al interior de la misma, a la vez que se establece los objetivos que busca lograr el trabajo de título.

Para lograr cumplir con los objetivos tanto general como específicos, es necesario desarrollar un marco teórico que permita entender la literatura referente al área de la programación, donde se define los diferentes métodos que se ha creado a lo largo de la historia, con la finalidad de solucionar el problema detectado, siendo el tiempo de producción un dato de entrada esencial para utilizar cualquier de los métodos estudiados.

Posteriormente procederemos a determinar los tiempos de producción a través del muestreo, y crear un formulario de programación, que permitirá obtener el tiempo real de producción.

CAPÍTULO I

I. Antecedentes generales

1 La Empresa

Comercial Dialum S.A. es heredera de una larga tradición empresarial dedicada a la comercialización, transformación y procesamiento de vidrios para la construcción.

Dialum S.A. nace en la ciudad de Talcahuano – Chile, en el año 1987, como una empresa dedicada a la distribución de vidrios y aluminios, principalmente en la zona sur del país. Doce años más tarde se instala en la ciudad de Santiago, con los principales procesos de transformación del vidrio.

En el año 2001, Dialum S.A. toma la distribución para Chile de los vidrios Glaverbel (actualmente AGC), empresa Belga con gran experiencia, prestigio y trayectoria a nivel mundial, lo cual les permitió el desarrollo de importantes proyectos nacionales en Doble Vidriado Hermético (DVH), transformándose en la principal empresa productora de DVH asociada a proyectos de edificios corporativos y de oficinas.

El año 2005 marca para Comercial Dialum S.A. un hito importante en su historia por dos hechos, primero inaugura su nueva planta productiva en la ciudad de Santiago, con 8.000 metros cuadrados construidos, con la más alta tecnología de fabricación de DHV y la planta más moderna del país para la fabricación de vidrio laminado, junto a la inauguración de otra planta de fabricación de DHV en la ciudad de Concepción. Y segundo, se comienza el camino exportador con la apertura de nuevos mercados internacionales, tales como Puerto Rico y Miami, para lo cual la empresa se somete y pasa con éxito todos los estándares y normativa internacional de calidad.

Para completar el desarrollo tecnológico de la planta, en el año 2007, se agrega un horno de templado de última generación, que permite doble temple, tanto radiación como

convección, diseñado particularmente para los procesos de tratamiento térmico de vidrios de alta performance (reflectivos – low-e) que cuentan con capas o coating muy delicados.

A la gama de vidrios especiales de AGC mencionada anteriormente, hoy en día se suman las gamas de última generación de la empresa Guardian (empresa americana líder en soluciones de alta performance), donde destacan vidrios “High performance” y “SuperNeutral”.

Comercial Dialum S.A. cuenta con las certificaciones de los principales fabricantes de vidrios especiales del mundo, tales como AGC, Guardian, Pilkington, SaintGobain, entre otros, para procesar sus vidrios con coating.

El año 2011 marca un nuevo salto para la empresa, ya que inauguran una de las plantas más modernas con 20.000 metros cuadrados, que alberga las maquinarias existentes más dos hornos de templados adicionales y otra línea de Doble vidriado de última generación, además de mesas de corte y otros equipos adicionales necesarios para aumentar la capacidad instalada. Con este hito, la empresa entra a las ligas regionales como uno de los principales procesadores del vidrio del cono sur para la arquitectura de alta performance.

Finalmente, se puede señalar que Dialum S.A. está en una posición de vanguardia, que les permite satisfacer las demandas de los clientes en el mercado interno, así como en el externo (Argentina, Uruguay, Bolivia, Perú, Panamá, Venezuela y Brasil, entre otros). Para lo anterior, Dialum S.A. está constantemente incorporando los últimos avances tecnológicos en sus procesos, de manera de agregar valor a la solución del vidriado, mejorando permanentemente la calidad de sus productos y la tecnología asociada a ellos, como también trabajando para entregar el mejor servicio en asesoramiento técnico, con profesionales altamente capacitados, quienes brindan soporte de primera línea en la especificación de proyectos de arquitectura. Todo esto enmarcado en una relación de armonía con sus trabajadores y persiguiendo siempre aumentar la conciencia de ahorro energético y construcciones auto-sustentables en los clientes.

1.1 Identificación de la Empresa

Tabla 1.1: Identificación de la Empresa

Empresa	Comercial Dialum S.A.
R.U.T.	77.386.450 – 0
Representante Legal	Gudelia Mendoza B.
Dirección	Panamericana Norte #18.600, Lampa, Santiago.
Rubro	Procesador y distribuidora de Vidrios.
Internet	http://www.dialum.cl

Fuente: Comercial Dialum S.A.

1.2 Plan estratégico

1.2.1 Política de calidad

Comercial Dialum S.A. ha definido la siguiente política de Calidad

- Comercial Dialum S.A. procesadora de vidrios, se compromete a entregar un servicio de excelencia orientado a la satisfacción del cliente, asegurando una relación en el tiempo a través de la calidad de los productos que fabrica.
- Optimizar sus procesos productivos con tecnología de punta que permita aumentar la productividad.
- Cumplir los requisitos legales y reglamentarios aplicables a su actividad y mejorar continuamente la eficacia del sistema de gestión de calidad.
- Mantener un ambiente de trabajo seguro, así como el respeto al medio ambiente y la comunidad que los rodea.

1.3 Organización de la empresa

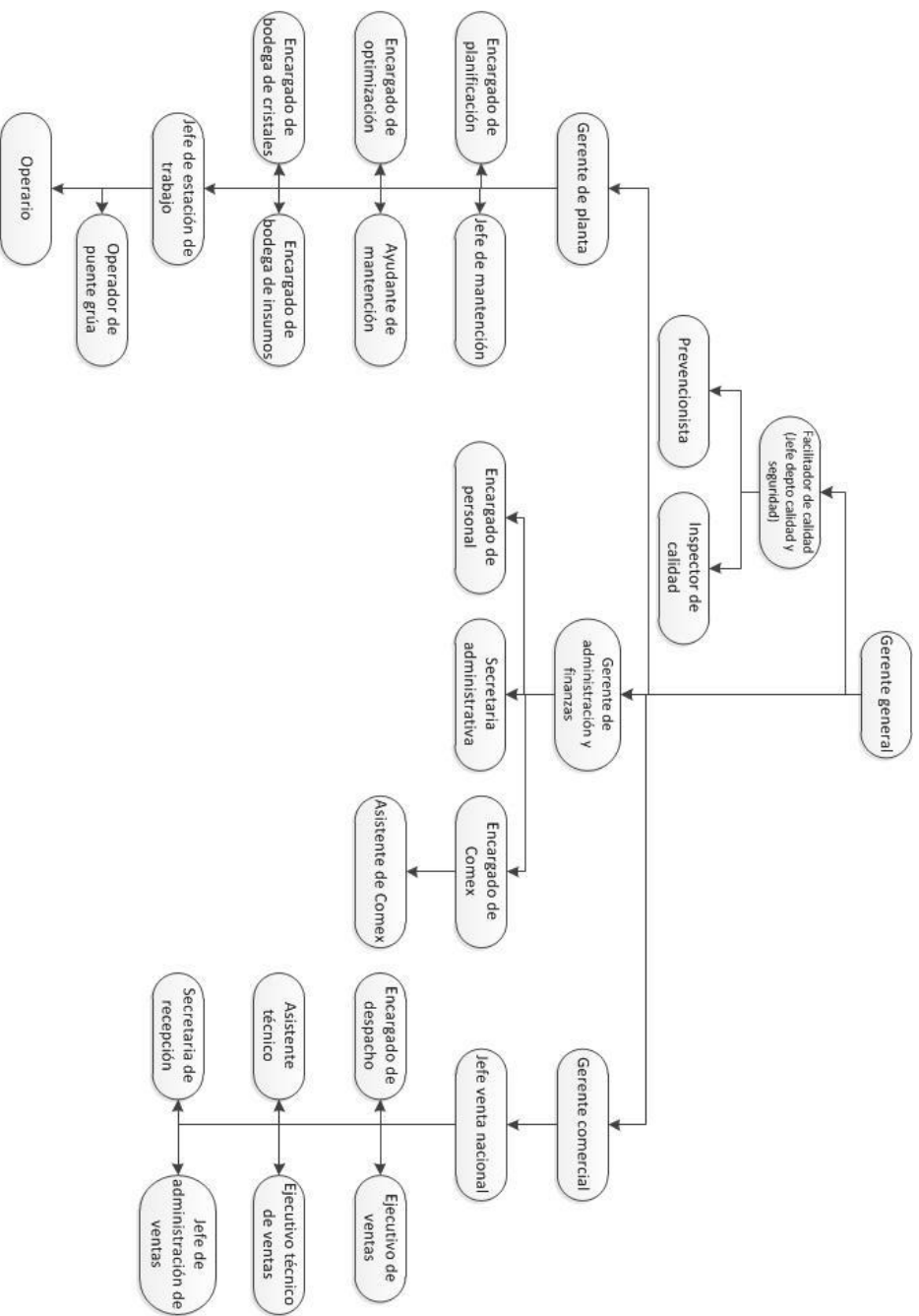


Figura 1.1: Organigrama “Comercial Dialum S.A.”
Fuente: Comercial Dialum S.A

1.4 Productos

Dialum S.A. fabrica productos a pedido, de acuerdo a las especificaciones de los clientes, traducidas a especificaciones internas de los productos. Las líneas de productos son genéricas y dan origen cada una de ellas a una variedad de elementos, distintos entre ellos por características tales como tamaño, tipo de vidrio, condición del o los vidrios. Los productos terminados son:

a) DUALGLASS: Doble vidrio hermético

Un Doble Vidriado Hermético o Termopanel fabricado por Dialum, es un componente prefabricado, conformado por dos vidrios que se encuentran separados por un perfil metálico, que dentro de ella posee sales minerales, herméticamente sellado al paso de la humedad y al vapor de agua. Los vidrios utilizados en el DVH pueden ser incoloros, de color, reflectivos, low-e, laminados, templados, termoendurecidos, etc.

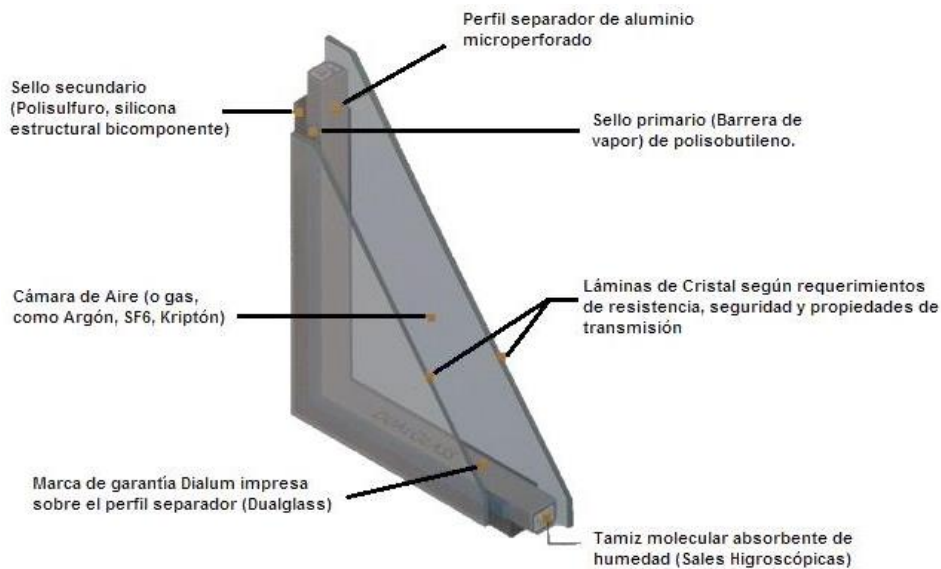


Figura 1.2: Vidrio doble hermético

Fuente: Comercial Dialum S.A.

b) DUALSAFE: Laminado

El vidrio Laminado Dualsafe de Dialum es un vidrio de seguridad que consiste en el ensamblaje de dos o más láminas de vidrio, realizado mediante el intercalado de una o varias láminas de Polivinil Butiral (PVB), cuyas cualidades de resistencia, adherencia y elasticidad son notables. El vidrio de seguridad muestra excelentes propiedades de seguridad, ya que en caso de existir un quiebre éstas quedarán adheridas a la lámina, disminuyendo en gran medida la peligrosidad de los fragmentos de vidrio.

La gran elasticidad del PVB le confiere una alta resistencia frente a impactos. Es por ello que, ante un golpe sobre el vidrio laminado, la lámina PVB absorbe la energía del choque y por su flexibilidad, mantiene su adherencia al cristal. Estas son las propiedades que hacen de Dualsafe una excelente barrera de protección, sin alterar la transparencia del vidrio.

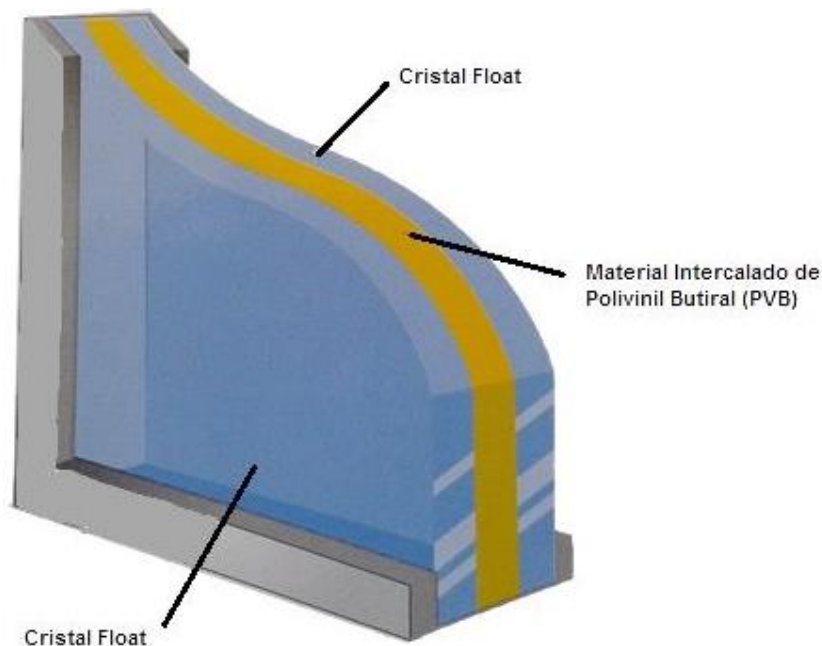


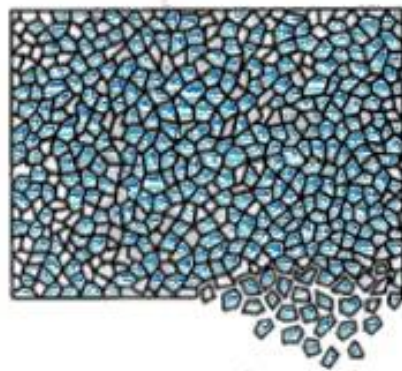
Figura1.3: Laminado
Fuente: Comercial Dialum S.A.

c) TEMPSAFE: Templado – Termoendurecido

Es uno de los vidrios de seguridad que produce Dialum en su planta.

El proceso de tratamiento térmico de vidrio templado consiste en someter al vidrio a elevadas temperaturas, cercanas a su punto de ablandamiento (690°C a 700°C) para luego enfriarlo rápidamente. Esto genera que la superficie y bordes del vidrio se compriman, aumentando así la resistencia del vidrio entre 4 a 5 veces más que un vidrio común. En caso de quiebre el vidrio se desintegra en pequeños fragmentos que no causan heridas cortantes.

El vidrio templado, por su dureza, no puede ser alterado después del proceso de templado, por esto mismo, todos los trabajos solicitados por el cliente como son: corte, perforado, pulido, pintado, etc., se los realizan antes de este último proceso.



Esquema de fragmentación de un vidrio templado



Esquema de fragmentación de un vidrio no templado

Figura 1.4: Vidrio Templado
Fuente: Comercial Dialum S.A.

1.5 Volumen de producción

De acuerdo a los resultados anuales de las tres líneas productivas existentes en Dialum S.A. se obtienen el siguiente gráfico comparativo. Los datos del siguiente gráfico se detallan en el Anexo 1.

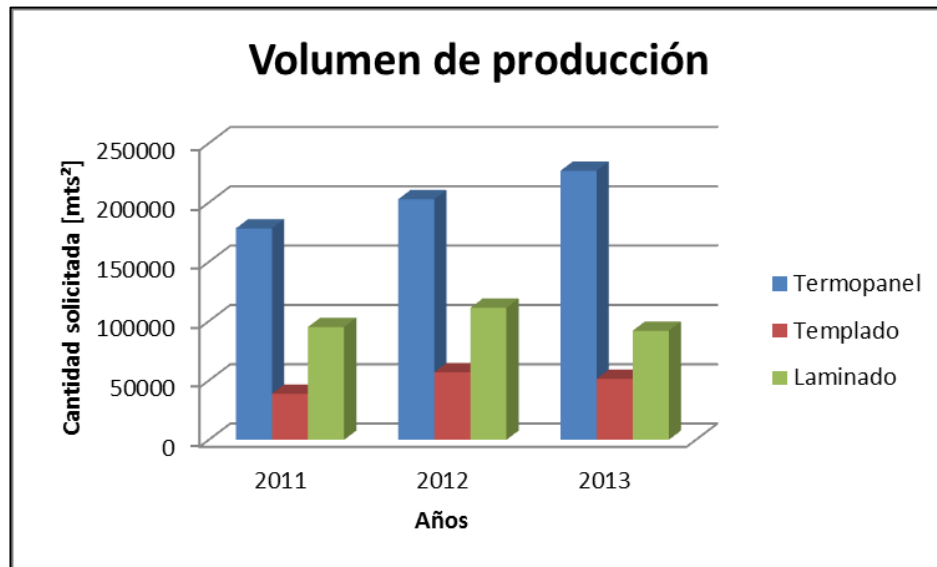


Gráfico 1.1: Volumen de producción

Fuente: Comercial Dialum S.A.

Según los datos mostrados la demanda del vidrio de tipo Termopanel ha ido en aumento a lo largo de estos tres años. Las diferentes características que este posee respecto de un vidrio normal, lo hacen preferible para los consumidores, siendo uno de los vidrios más completos dentro del mercado de los vidrios.

1.6 Personal

Comercial Dialum S.A. cuenta con un total de 170 trabajadores, distribuidos en el área de administración, producción y servicio. La cantidad de operarios en planta por estación de trabajo se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 1.2: Personal de Planta de Comercial Dialum S.A.

Área de Trabajo	Cantidad de Operarios
Corte	15
Termopanel	18
Laminado	11
Templado	8
Pulido	12
Pintura	4
Bodega	11
Despacho	14

Fuente: Elaboración propia, basada en información de Comercial Dialum S.A.

1.7 Estudio de mercado

Cuando consideramos el mercado en general, es necesario precisar que el sector en que Comercial Dialum S.A. vende la mayor cantidad de sus productos se circunscribe a la zona centro y oriente de la Región Metropolitana, aunque también la empresa capta consumidores tanto en el territorio nacional como internacional.

Respecto a la oferta de vidrios podemos apreciar, por la variada forma, calidad y características de los productos, que la industria se ha visto en la obligación de adaptarse tecnológicamente, agregando a sus procesos productivos maquinaria altamente especializada que produzca artículos acordes con los requerimientos del mercado.

La cantidad de empresas dedicadas a la fabricación, manipulado y transformación de vidrio corresponde a 115 empresas en la Región Metropolitana [SII12], las que pueden satisfacer ampliamente la demanda, situación que obliga a las empresas del rubro a tener un

elemento que las destaque por sobre el resto (precio, calidad o servicio).

Respecto a la demanda, podemos mencionar que no hay estacionalidad en las ventas, situación que se confirma con la no existencia de un peak de demanda ni tampoco un alto requerimiento específico de un tipo de producto, aunque existen ciclos de alta demanda, generados en periodos de alta actividad económica en el país [Diez13].

En los últimos cuatro años el subsector de la industria “Fabricación de vidrio y productos de vidrio” ha sufrido diversos cambios de su producción física. Durante el 2011, mostró una alta tasa de crecimiento del 19%, debido al dinamismo del sector de la construcción provocado por el terremoto de Febrero de 2010 [SOFOFA11]. Para el año 2012 este creció solo un 5,6% [SOFOFA12] y ha disminuido hasta agosto del presente año en un 0,7% [SOFOFA14].

Cuando hablamos de los canales de distribución, debemos mencionar que la venta de este tipo de productos la lleva a cabo sin ningún nivel de intermediarios, por tanto, el productor o fabricante desempeña la mayoría de las funciones de mercadotecnia tales como comercialización, transporte, almacenaje y aceptación de riesgos sin la ayuda de ningún intermediario.

Como tendencia general de consumo, se puede apreciar que desde hace ocho años a la fecha se ha comenzado a solicitar productos con mayor tecnología, orientados principalmente a la conservación de temperatura, aislación y protección de la luz ultra violeta que sean amigables con el medio ambiente, entre otras características que obligan a los productores a tener en sus “vitriñas” productos de primera línea, acordes con la demanda actual. Otra tendencia es la que originan segmentos de medianos ingresos, que están prefiriendo invertir en estos productos con mayor tecnología, debido a que en el transcurso del tiempo logran recuperar su inversión con el ahorro energético que implica incorporar estas tecnologías [Diez13].

Los productos de vidrios y sus derivados son considerados como un bien económico durable, que no tienen un hábito de consumo constante o un patrón definido, sino que cuando se presenta la necesidad, es cuando se genera el consumo del producto.

El mercado de Termopaneles va creciendo de manera importante en conjunto con el incipiente aumento de la actividad en el ámbito de la construcción, por lo que la competencia es fuerte. De acuerdo al Estudio de Mercado de Eficiencia Energética en Chile realizado por el Gobierno en 2010, los productores de Termopaneles son; Glasstech, Vidrios Lirquén, Vidrios Dell Orto, Cristalizando S.A. Vitrotec S.A, Ecoglass, Termohome y Otros. La competencia con un alto nivel de presencia nacional es Glasstech, convirtiéndose en el principal competidor directo de Comercial Dialum, la que se encuentra presente hace 50 años en el mercado. Dialum se posiciona hoy como líder del mercado como proveedor de DVH especiales para muros cortinas, con una participación superior al 60% a nivel nacional con su producto Dualglass y ya comienza a posicionarse a nivel internacional en diversos mercados americanos principalmente con Dualsafe.

1.8 Clientes

Comercial Dialum S.A. tiene clientes principalmente del rubro de la construcción. En el año 2013 la empresa logró vender su producto a 422 clientes. Dentro de su gran cantidad de clientes, existen diez empresas muy importantes, entre ellas.

Tabla 1.3: Clientes más importantes de Dialum. y su respectivo rubro.

Cliente	Rubro	Página web
Tecma S.A.	Dedicado al segmento de ventanas de alta calidad y diseño, su principal línea de productos son ventanas de Madera con termopenal	www.tecma.cl
KBE S.A.	Especializada en brindar soluciones en el rubro de la construcción.	www.kbe.cl
Europfiles Santiago S.A.	Empresa dedicada a la fabricación e instalación de ventanas de PVC de alta tecnología.	www.europfiles.cl
Newall S.A.	Dedicado a la instalación de muros cortinas.	www.newall.cl
Venteko Montajes S.A.	Empresa dedicada a introducir la tecnología del PVC en Chile.	www.venteko.cl
Cerramientos tecnológicos S.A.	Especializado en la venta al por mayor de materiales de construcción	www.cerramientos.cl
Anodite S.A.	Empresa de ingeniería en aluminio y ventanas de PVC.	www.anodite.cl
Estructura Arquetipo Ltda.	Empresa especializada en la provisión e instalación de ventanas de aluminio y PVC.	www.arquetipo.cl
Constructora Sudamericana Chile	Empresa dedicada al rubro de la construcción	www.consud.com
Servicios universales de instalación S.A.	Especializado en la fabricación de ventanas de aluminio y muros cortina.	www.suisa.cl

Fuente: Elaboración propia, basada en información obtenida de Internet.

1.9 Proveedores

Uno de los importantes factores de producción de la empresa, son los proveedores de todo tipo que ésta posee.

Dentro de los proveedores más destacados se encuentra:

Tabla 1.4: Proveedores más importantes de Comercial Dialum S.A.

Proveedor	Productos
AGC	Vidrio: Mateluz, Ipashol shine, Stopray Smart 30, Stopsol SS Verde, Stopsol SS Gris, Planibel Top N, Stopsol SS Dark Blue, Planibel Energy N y Stopray Vision 50.
GUARDIAN ESPAÑA	Vidrio: AG 43, Climaguard Premium, RB41 y Silver 35.
GUARDIAN BRASIL	Vidrio: Neutral 40 on Green, AG 43 on Green, Neutral 55 Incoloro, Silver 20 Incoloro, Climaguard, Light Blue 52, Silver 32, NP 50 y RB40.
GUARDIAN LUXEMBURGO	Vidrio: Sunguard SN70, Sunguard SN51, Sunguard SN62 on Clear y Sunguard SN62 HT.
DOW CORNING	983 Glazing SLN Base, 983 SGS OvpkCarlyst Black, Contractor WTP SLN Black, 2-Part Curing Agent Black y 982 Silicone INS SLN Base.
FENZI	Pinturas
ALUPRO	Separadores, Conectores y Butilo.
SCHOTT	VidrioPyranova
RIDER GLASS	Vidrio: Bronze Float Glass y Bronze Reflective.
SOLUTIA	PVB

Fuente: Elaboración propia, basada en información de Comercial Dialum S.A.

1.10 Instalaciones

Comercial Dialum S.A. realiza todas sus producciones en la ciudad de Santiago, Panamericana Norte #18.600, Lampa. La que cuenta con las siguientes áreas físicas:

Galpón de 20.000 mts² dividido en 6 sectores importantes:

- Estaciones de trabajo: Corte, Pulido, Termopanel, Laminado, Horno, Pintura, Lavadero y Perforación.
- Oficinas administrativas.

- Oficinas de producción.
- Bodega de materias primas.
- Despacho.
- Casino, áreas verdes y portería.



Figura 1.5: Localización Comercial Dialum S.A.

Fuente: Google Maps.

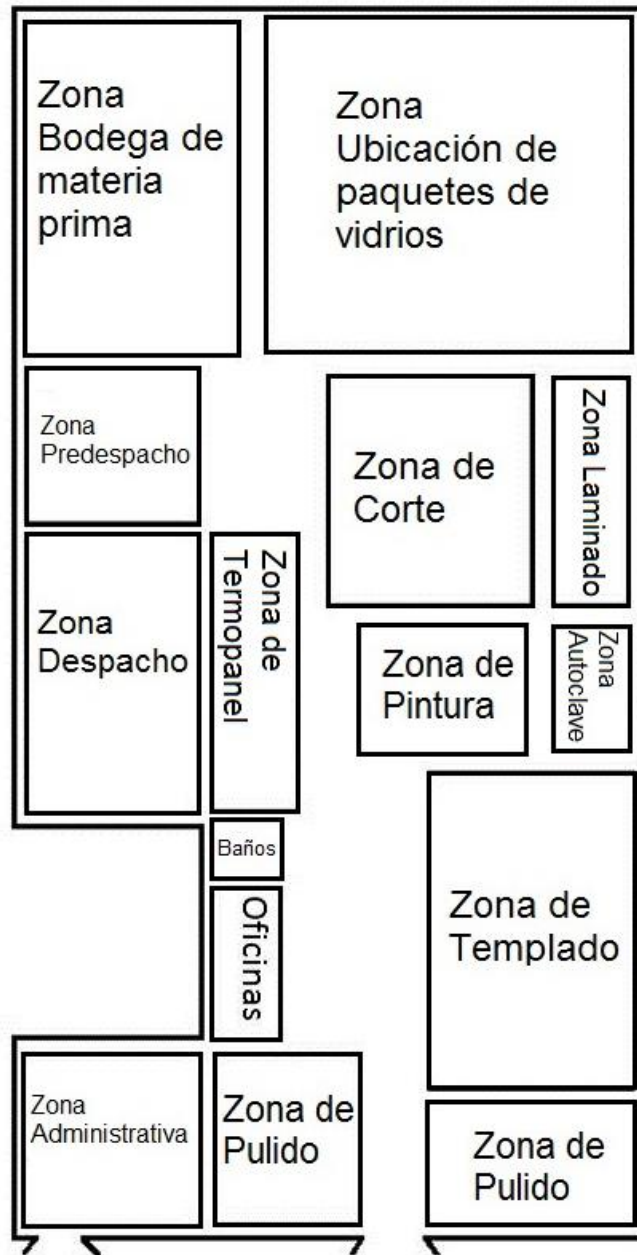


Figura 1.6: Lay-out Comercial Dialum S.A.

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO II

II. Definición de procesos productivos

1 Proceso Productivo

El proceso productivo de Comercial Dialum S.A consta de seis estaciones de trabajo por las que el vidrio a transformar va pasando de una a otra dependiendo de la secuencia requerida para el trabajo que se desea realizar.

La primera etapa, llamada etapa de corte, consta de tres máquinas en paralelo, en donde primero se dibuja la superficie del vidrio, luego se hace los cortes con ruedas diamantadas, para que finalmente se vayan separando los vidrios de diferentes tamaños de acuerdo a una optimización realizada con anterioridad.

Luego de la etapa de corte es necesario pulir el vidrio, para lograr un mejor acabado de sus lados. Esta operación se realiza en la segunda estación de trabajo donde se encuentra cinco máquinas capaces de realizar el pulido de los cantos.

En el proceso productivo, hay dos operaciones que se puede realizar dependiendo de lo solicitado por el cliente, estas son: pintura y perforado. El proceso de perforado sólo se puede realizar en una máquina de la segunda estación de trabajo, denominada en nuestro diagrama como máquina Perforado y Pulido. En el caso de pintura es sólo una máquina que se encuentra en la tercera estación de trabajo.

Se puede obtener tres tipos de productos terminados, descritos en mayor detalle en el Capítulo I. El primero de ellos es vidrio laminado, este vidrio es formado en la cuarta estación de trabajo, en donde se dispone de una máquina para este fin. Este sólo se puede cortar en la mesa 2 de la primera estación, ya que la máquina utilizada posee un mecanismo diferente para realizarlo. El segundo tipo de vidrio es de tipo templado o termoendurecido, este proceso se puede realizar en tres máquinas disponibles en la quinta estación, en donde a través del calor y el posterior enfriamiento rápido es posible darle las características que debe poseer un vidrio

de este tipo. Por último el vidrio denominado de tipo Termopanel, se realiza en la sexta estación en donde se trabaja con dos máquinas idénticas en paralelo.

Cabe mencionar que es posible que un vidrio laminado o Templado/Termoendurecido puede ir a la estación de Termopanel, pero no en caso contrario.

Más adelante se explica con mayor detalle cada estación de trabajo con los diagramas correspondientes a cada tipo de máquina utilizada.

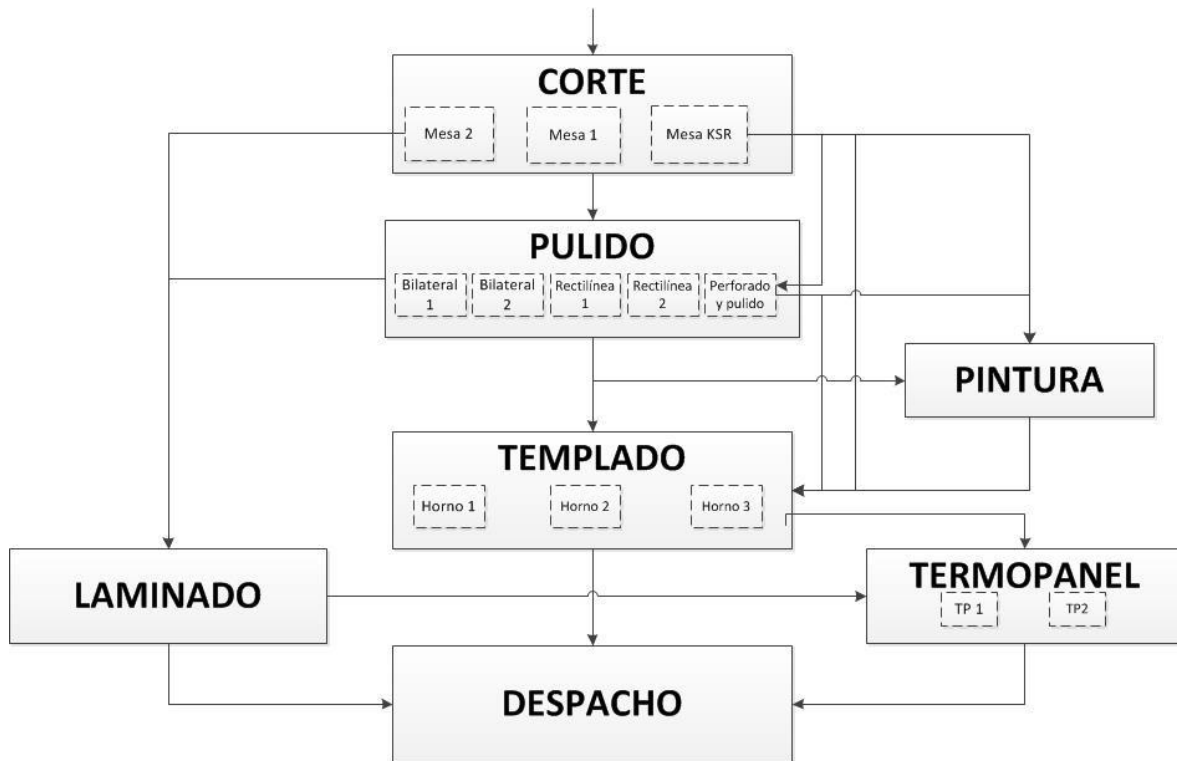


Figura 2.1: Proceso productivo

Fuente: Elaboración propia.

El porcentaje de producción de los diferentes tipos de productos terminados por Comercial Dialum S.A se resumen en el siguiente gráfico.

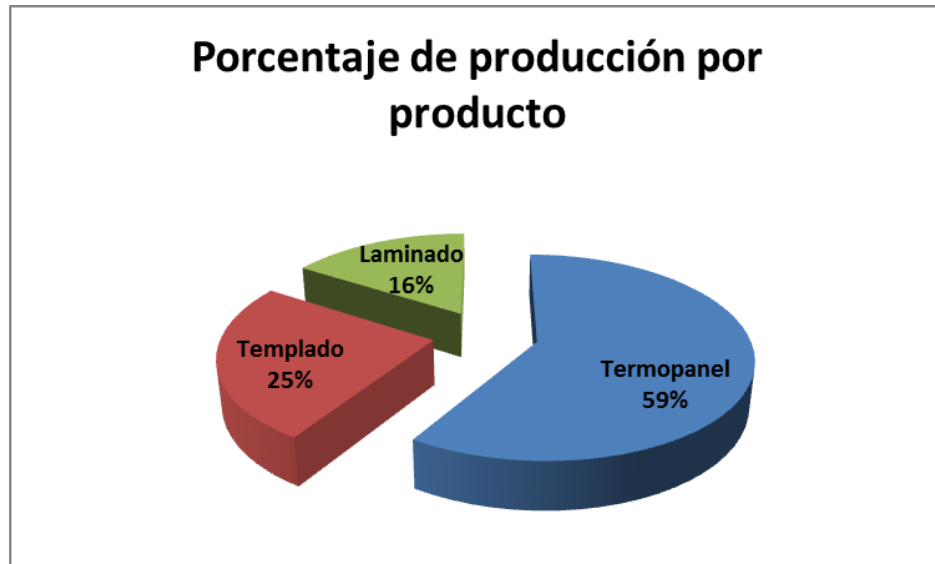


Gráfico 2.1: Porcentaje de producción por producto

Fuente: Elaboración propia.

A continuación se detallar cada una de las estaciones de trabajo que se encuentran en la planta de Dialum S.A. Algunas fotografías de las máquinas utilizadas en las estaciones de trabajo son mostradas en el Anexo 2.

1.1 Proceso de corte

El proceso de corte comienza cargando los vidrios de varios espesores en los atriles de la máquina, luego el brazo robot según lo programado pone la plancha en la mesa de corte, y comienza este proceso a través de una rulina – rueda diamantada, donde los vidrios monolíticos y laminados son cortados de forma horizontal y vertical. Finalizando el proceso de corte se procede a la separación de cada pieza para ser depositados en los atriles en la espera de la próxima estación de trabajo.

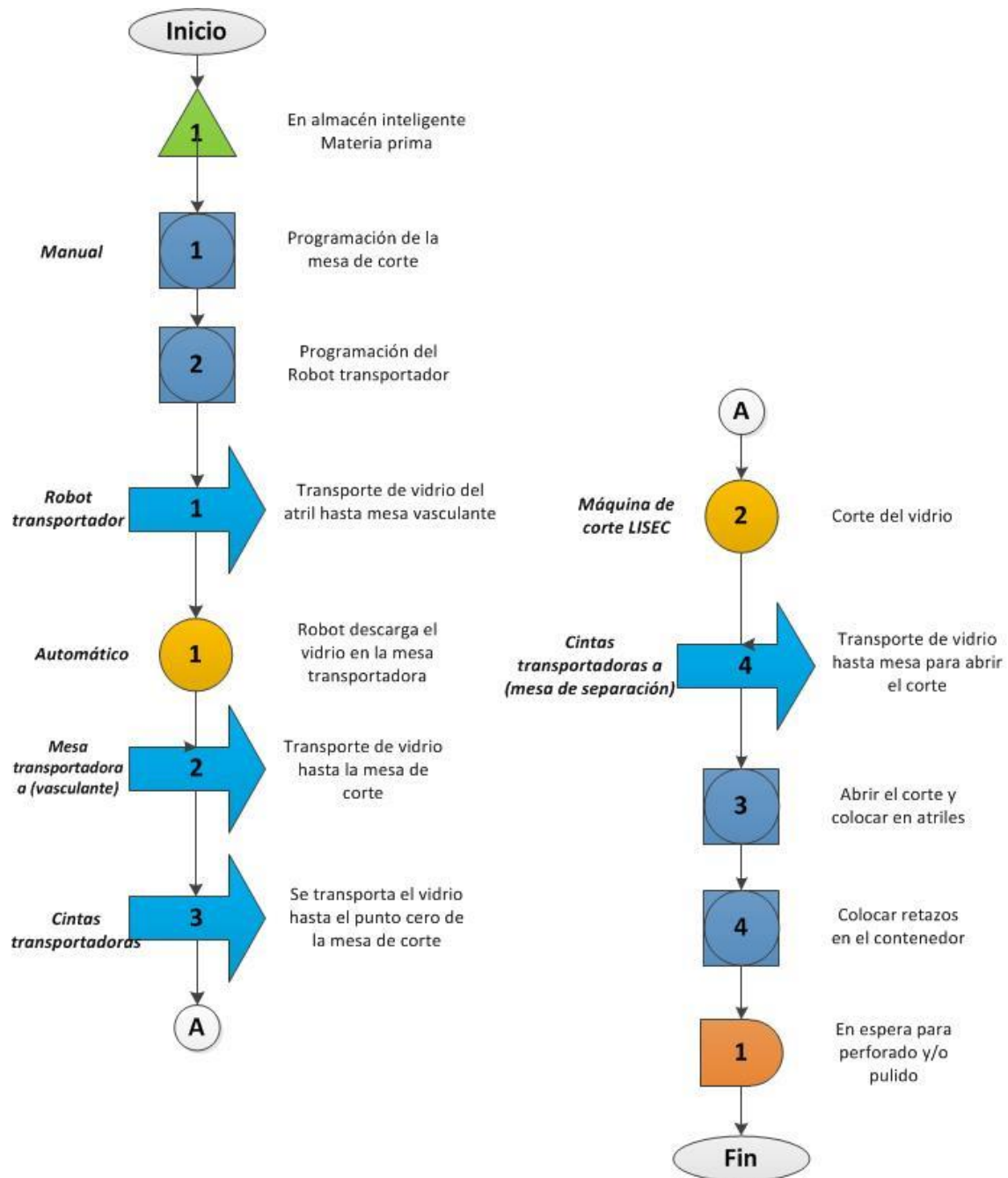


Figura 2.2: Proceso de corte (Mesa 1 y 2)
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

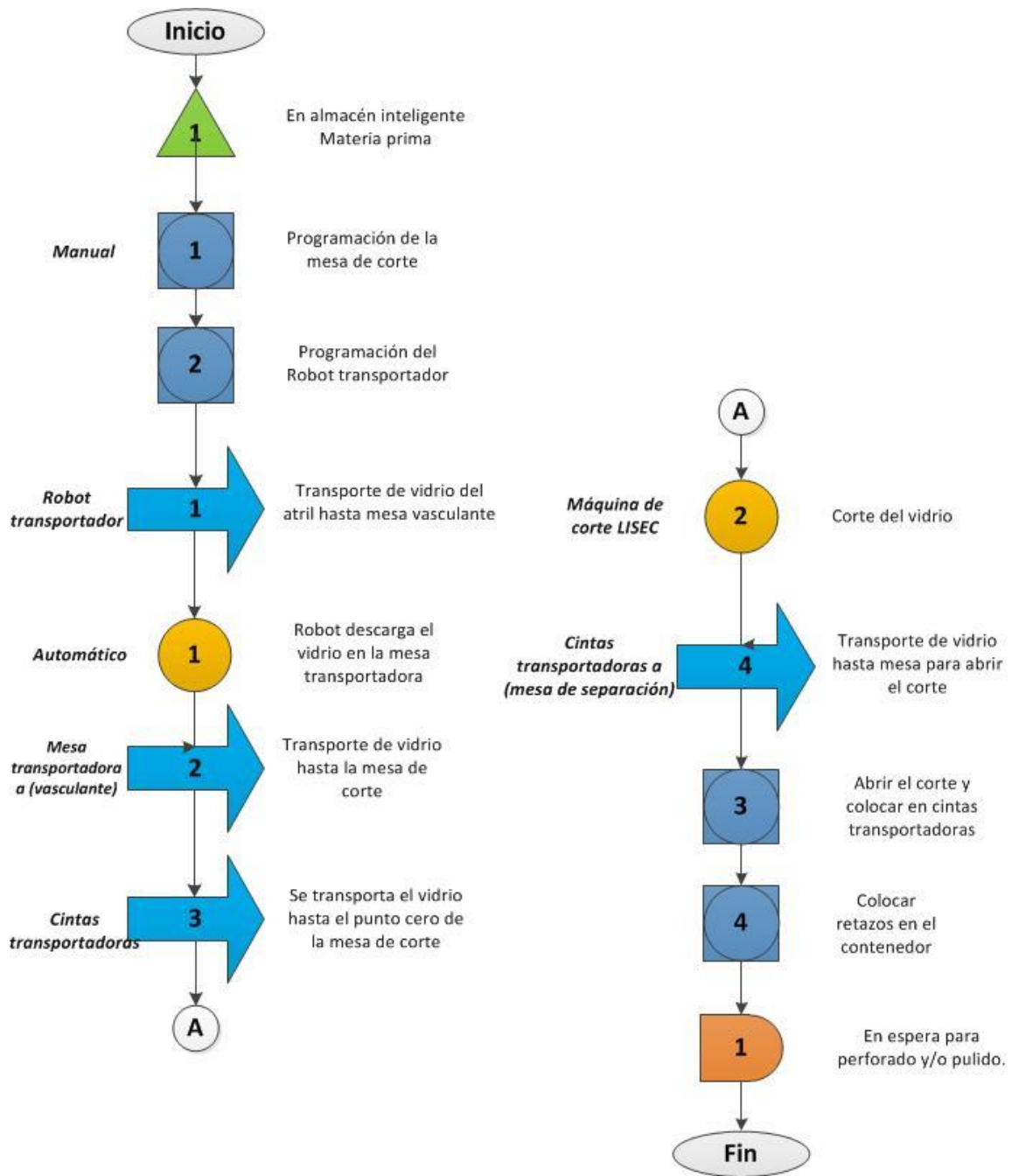


Figura 2.3: Proceso de corte (Mesa KSR)
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

1.2 Proceso de perforado y pulido

Esta estación de trabajo consta de una variedad de máquinas para ejecutar dos procesos, pulir y perforar. El proceso de pulido puede ser de tres tipos; eliminación de cantos, pulido brillante y pulido opaco. Cabe destacar que el proceso de pulido es obligatorio para todo vidrio que ingrese a la estación de trabajo ya que este consiste en la eliminación de las micro fisuras vivas, aristas agudas y cortantes que quedan luego de ser cortado. En cambio el proceso de perforado solo se realiza para algunos vidrios a trabajar.

Esta operación se realiza en diferentes máquinas como:

- Bilateral: Es una máquina automática, que comienza puliendo primero los dos cantos del vidrio para luego girar y pulir los otros dos.
- Rectilínea: Es una máquina automática, pule un canto del vidrio a la vez.
- Perforado y Pulido: Esta máquina es automática, perfora el vidrio de acuerdo a las características solicitadas, para luego ser pulido. Los vidrios que sólo deban ser pulidos también pueden pasar por ésta.
- Pulido KSR: Esta máquina es automática, cumple la función de sólo realizar la eliminación de protuberancias de los cantos.

El proceso de perforado y pulido comienza con la carga de vidrios a la cinta transportadora, donde simultáneamente un operario realiza la calibración de la máquina para cumplir con los requisitos solicitados por el cliente, luego se da inicio al proceso para finalizar en la descarga del vidrio a los atriles disponibles para avanzar al siguiente proceso de producción.

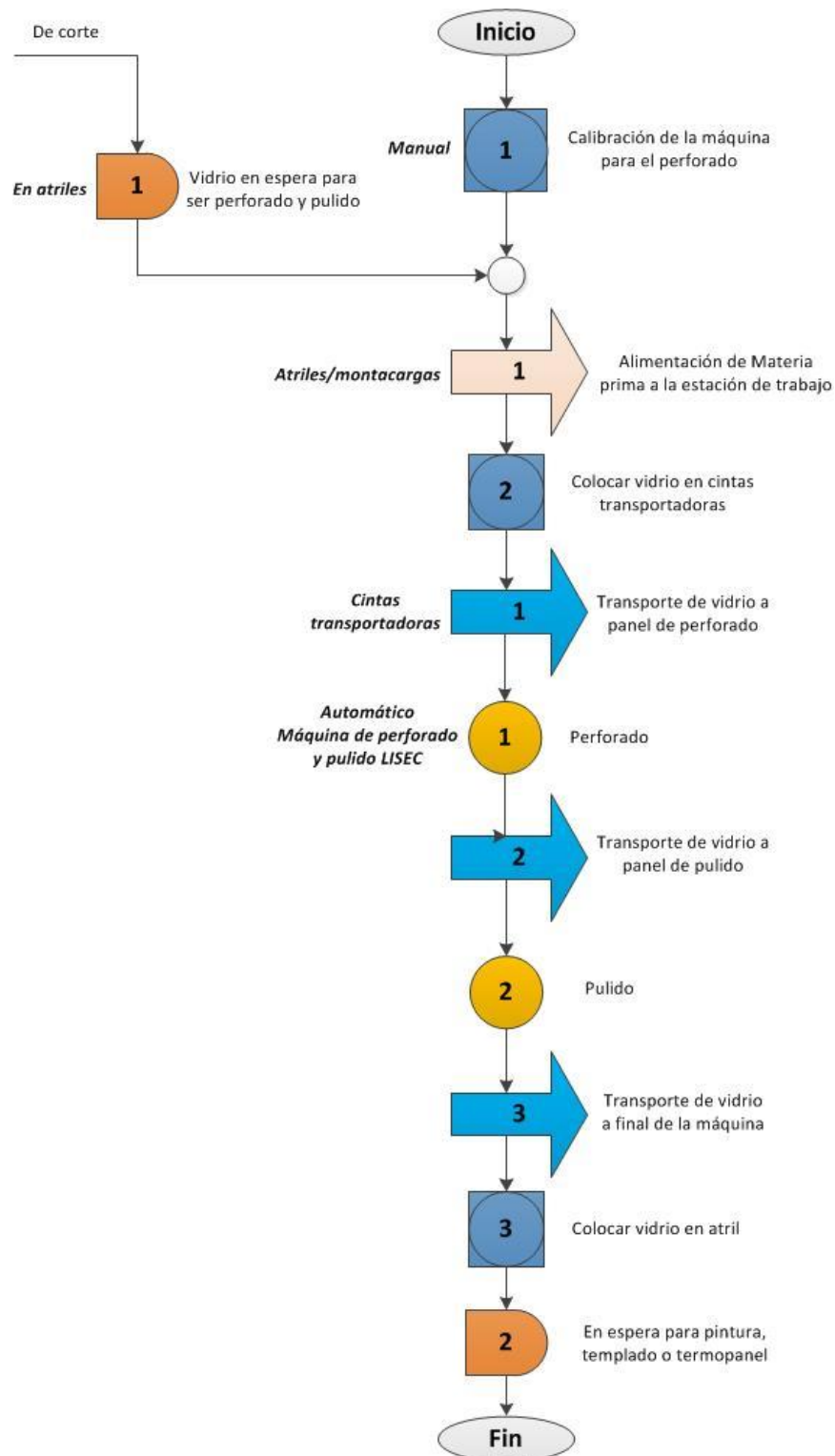


Figura 2.4: Proceso de perforado y pulido
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

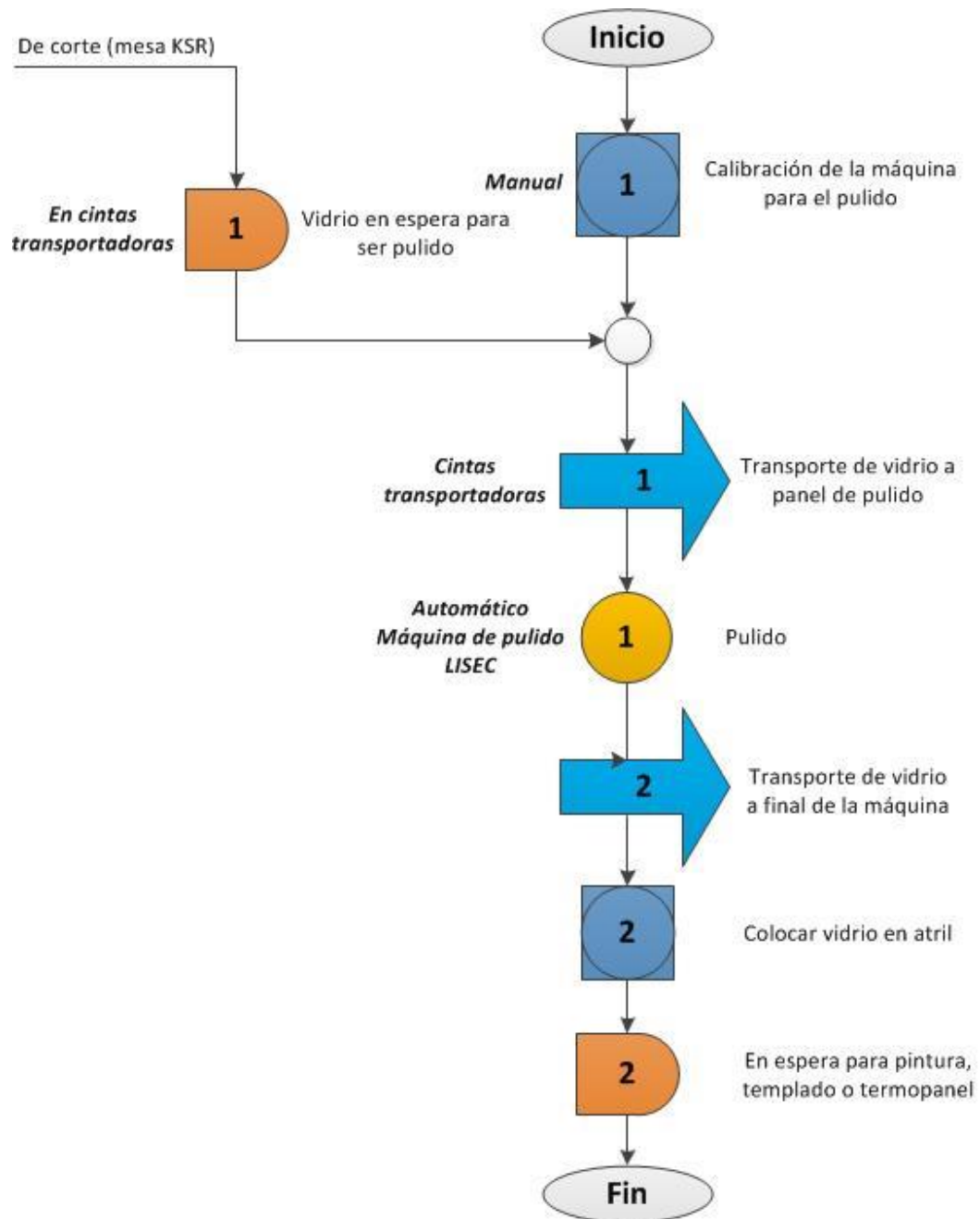


Figura 2.5: Proceso de pulido (pulido KSR)
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

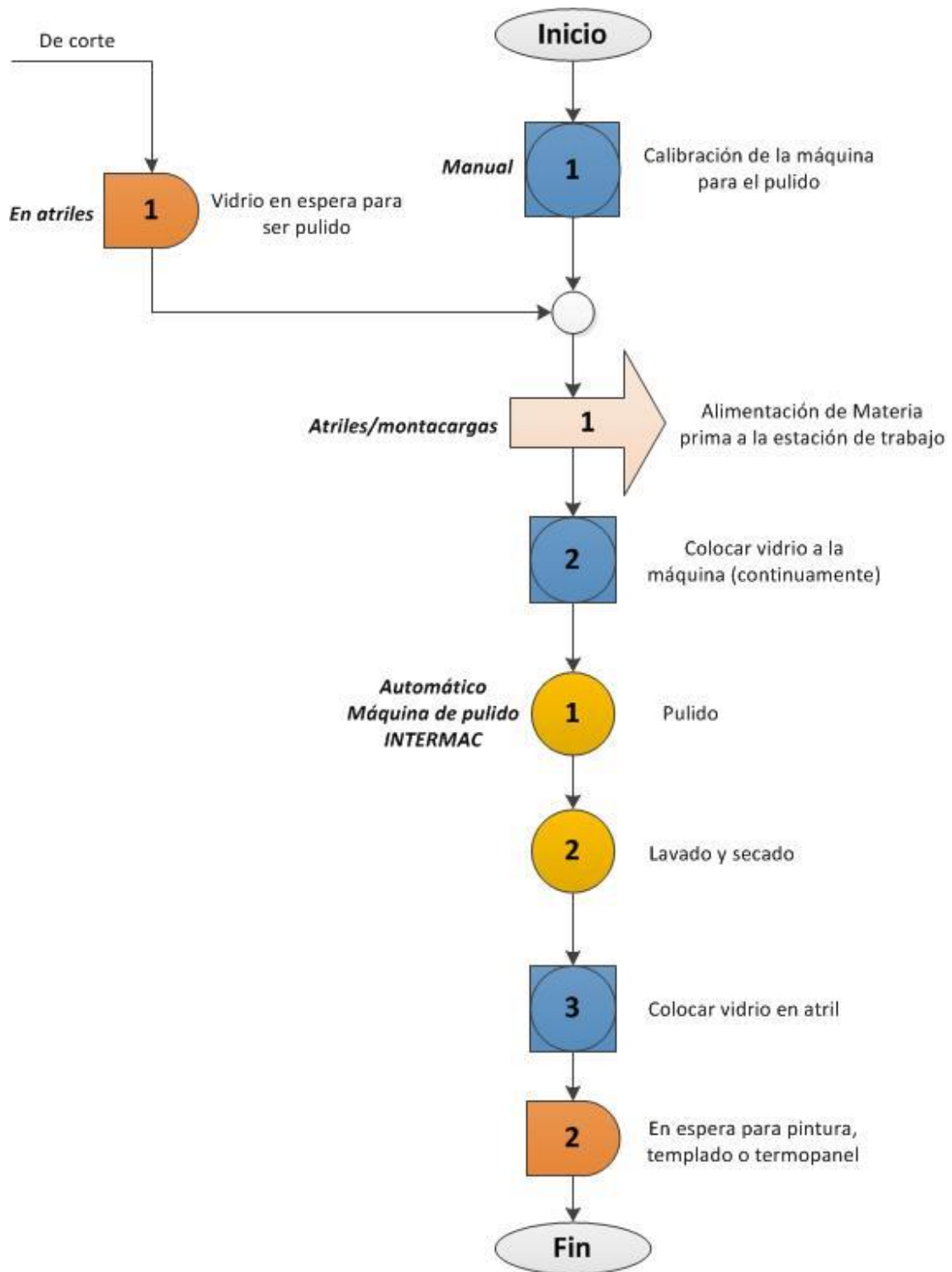


Figura 2.6: Proceso de pulido (Rectilínea y Bilateral)

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

1.3 Proceso de pintura

Este proceso comienza con la limpieza del vidrio realizada por el operario, para luego ser pintado mediante un rodillo, cubriendo completamente la superficie o también para pasar sobre planillas diseñadas a medidas. Ya pintado, este se introduce en un horno de secado para eliminar la humedad, finalizando este proceso con una inspección visual del operario para luego ser depositado en un atril.

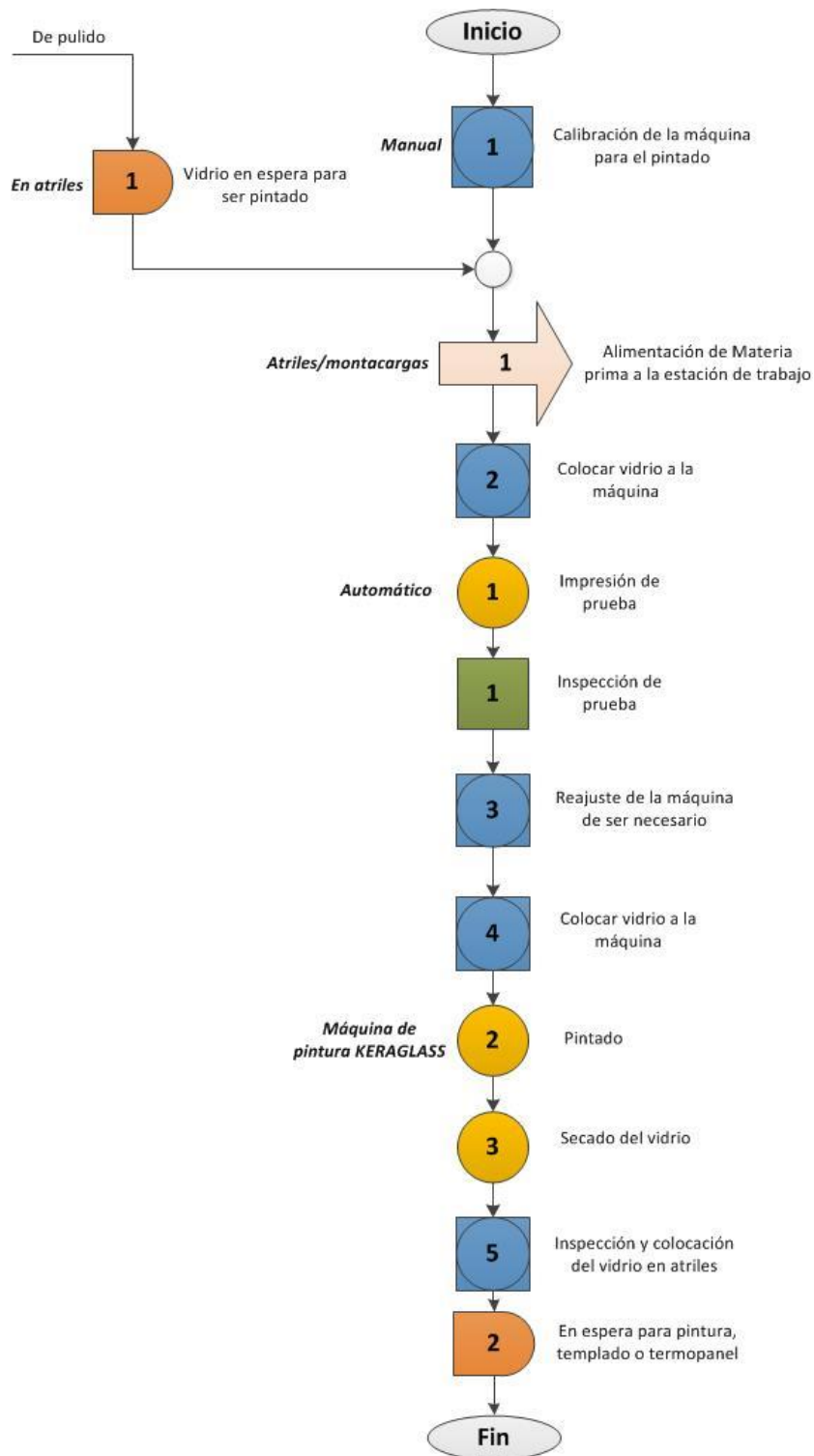


Figura 2.7: Proceso de pintura
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

1.4 Proceso de laminado

Es un proceso semiautomático. Comienza por medio de la limpieza del vidrio en una lavadora bajo condiciones controladas para asegurar que ninguna impureza altere su superficie, luego la lámina PVB se coloca sobre el vidrio, esto se realiza en una sala especial con condiciones de limpieza, humedad y temperaturas controladas, después la segunda plancha de vidrio sujeta por medio de una ventosa se coloca sobre el PVB, que es colocada por dos operarios, el conjunto es conducido a un horno de precalentamiento, con esta operación se trata de eliminar el aire existente entre el vidrio y la lámina, posteriormente las unidades se calientan hasta una temperatura de 80°C (punto de fusión del PVB), luego se realiza la eliminación de aire restante entre los paneles y los cantos son cerrados a fin de impedir la posible entrada de aire durante la operación final del autoclave.

Finalmente el cristal es conducido al interior de una autoclave, la cual es sometida a una presión de 12 a 14 Kg/cm² y a una temperatura que varía entre los 135° C y 150° C, con esto se logra una flexibilidad suficiente del PVB para crear una adhesión perfecta entre los vidrios.

En el caso del producto laminado, primero se comienza por realizar el proceso de unión de vidrios con el PVB, para luego ser cortado a la medida que el cliente lo solicita, y en otros casos ser posteriormente pulidos, finalmente ahí es un producto terminado.

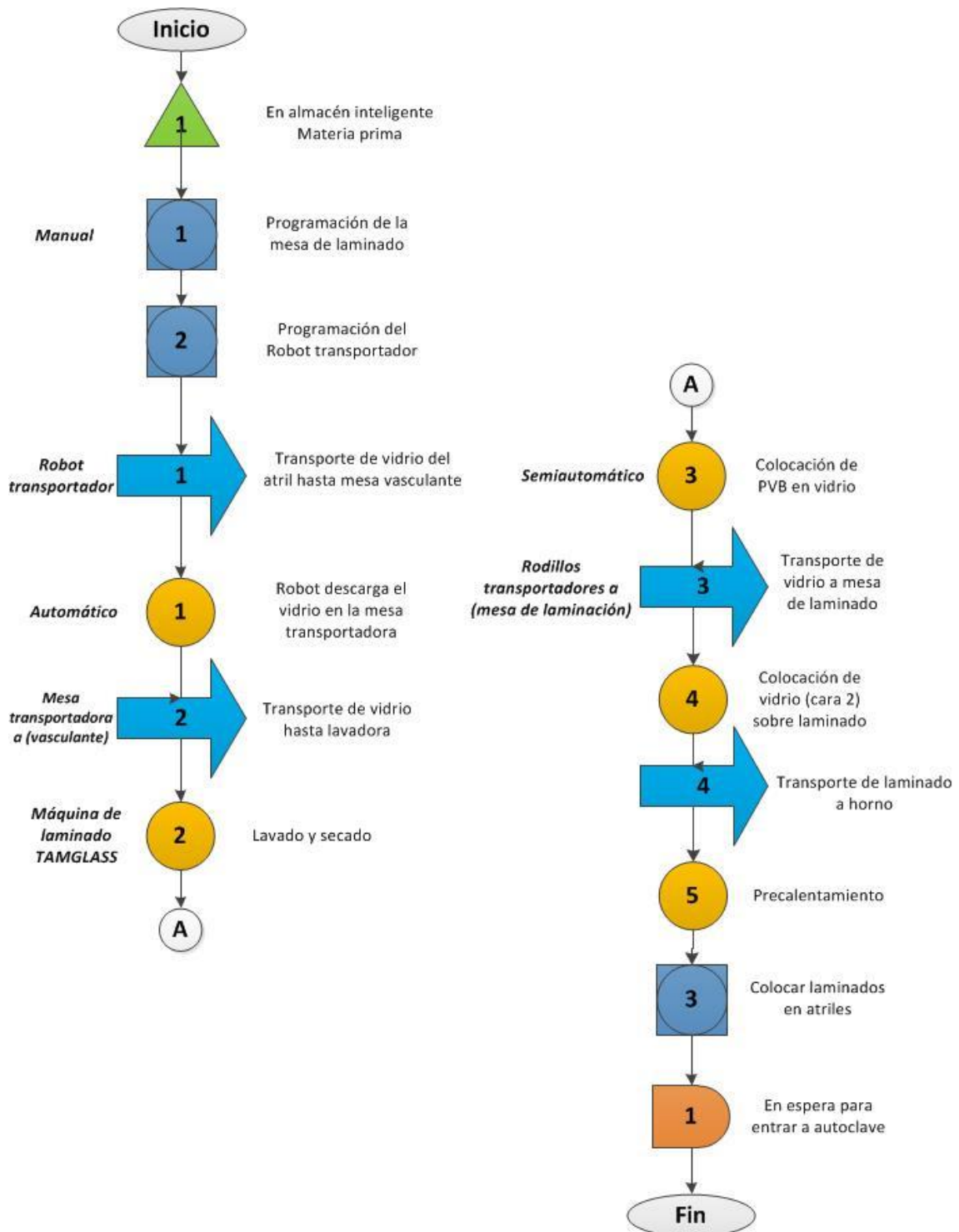


Figura 2.8: Proceso de laminado
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

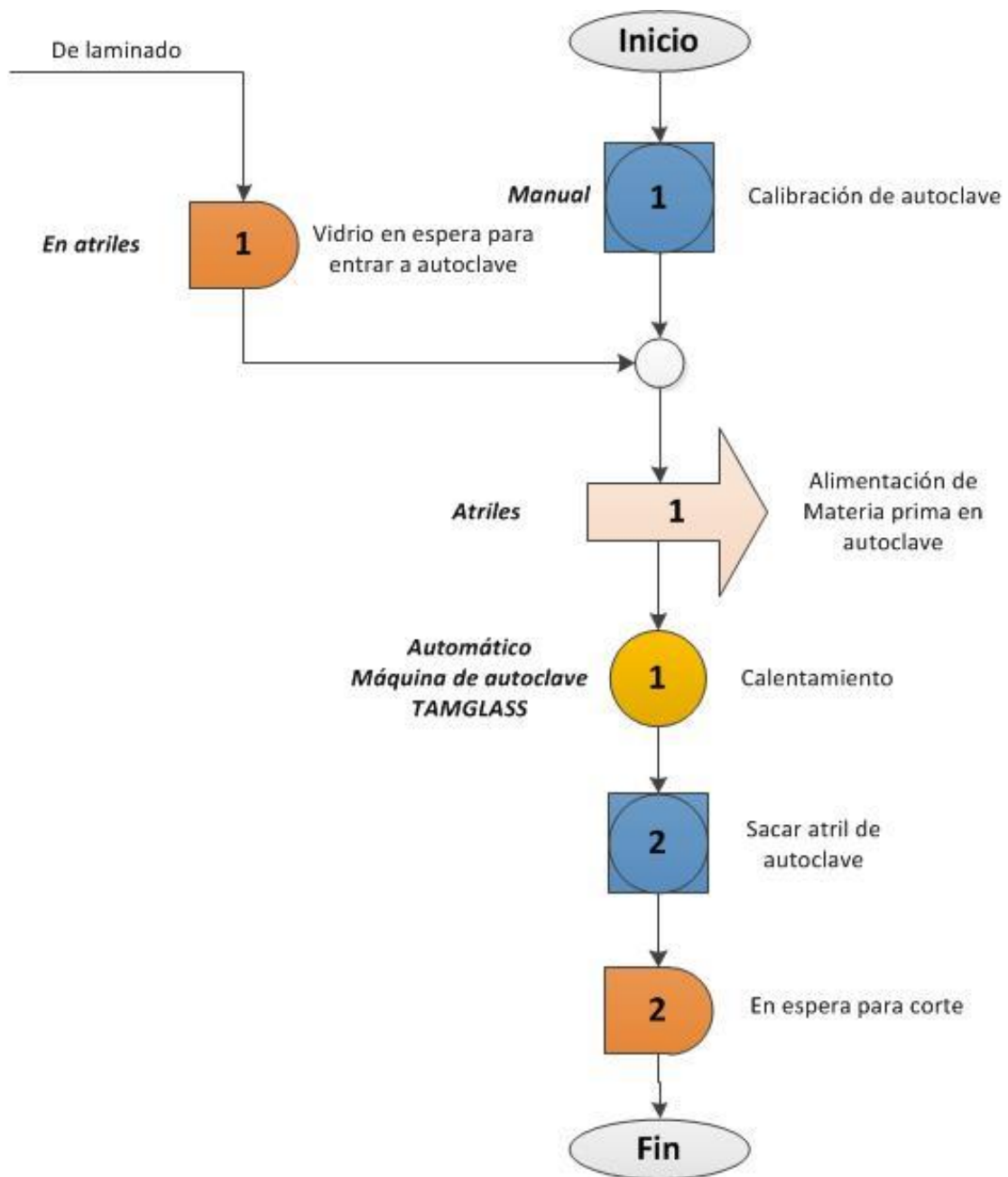


Figura 2.9: Proceso de autoclave

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

1.5 Proceso de templado

El vidrio es cortado a medida, manufacturado y limpiado, posteriormente es sometido a un tratamiento térmico que consiste en calentarlo uniformemente, luego comienza el proceso de templado en que el vidrio es enfriado bruscamente por medio de un flujo de turbinas de aire que hacen que se contraiga la superficie. El núcleo interno del vidrio tarda más en enfriarse, lo que da lugar a tensiones de tracción permanente. La superficie adquiere rigidez antes que las capas internas que aún se encuentran en estado plástico, de este modo la superficie del vidrio queda sometida a fuerzas de compresión. Finalmente bajan el vidrio al atril para ser enviado directo a despacho o a la estación de trabajo de Termopanel.

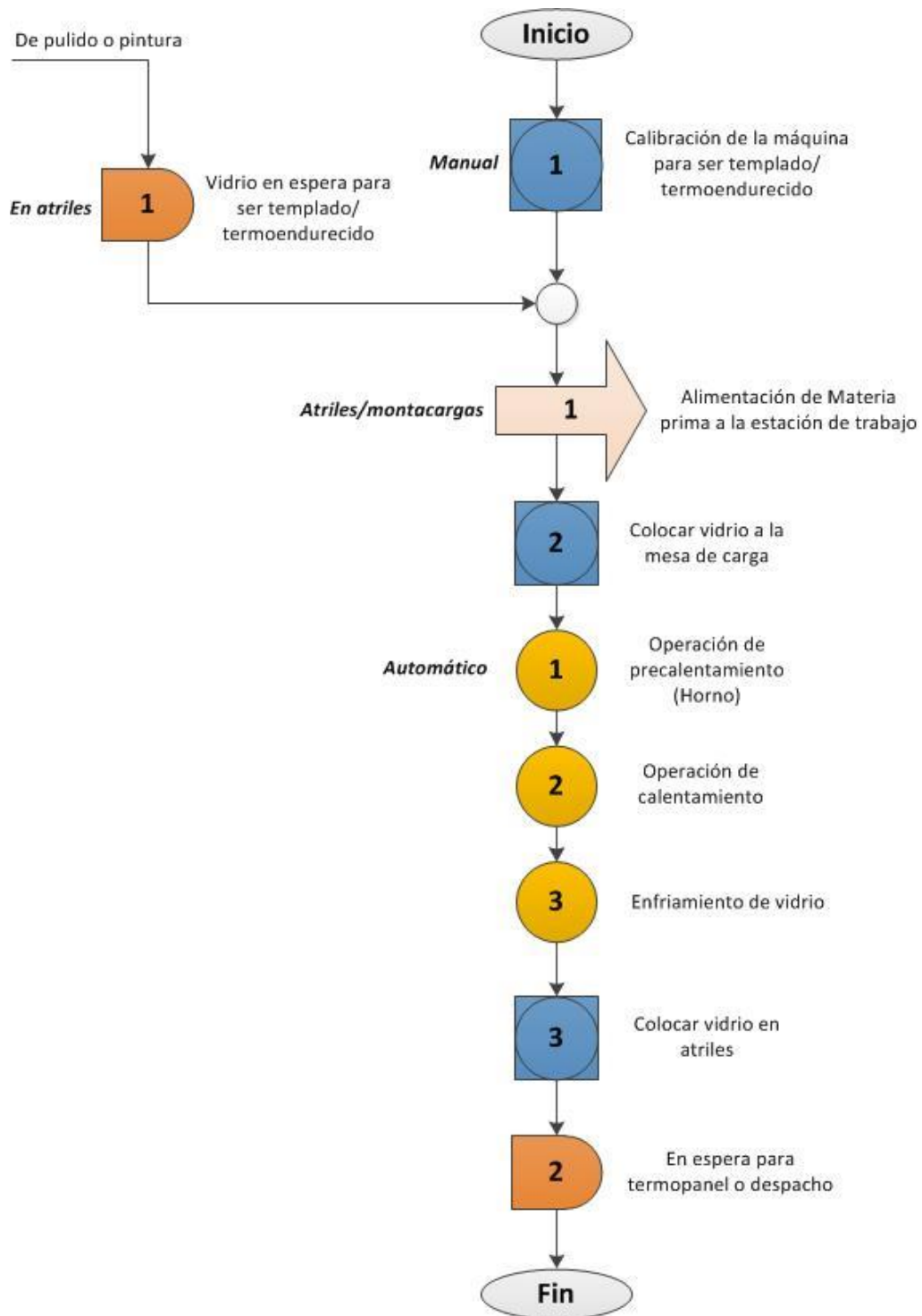


Figura 2.10: Proceso de templado (Horno Keraglass)

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

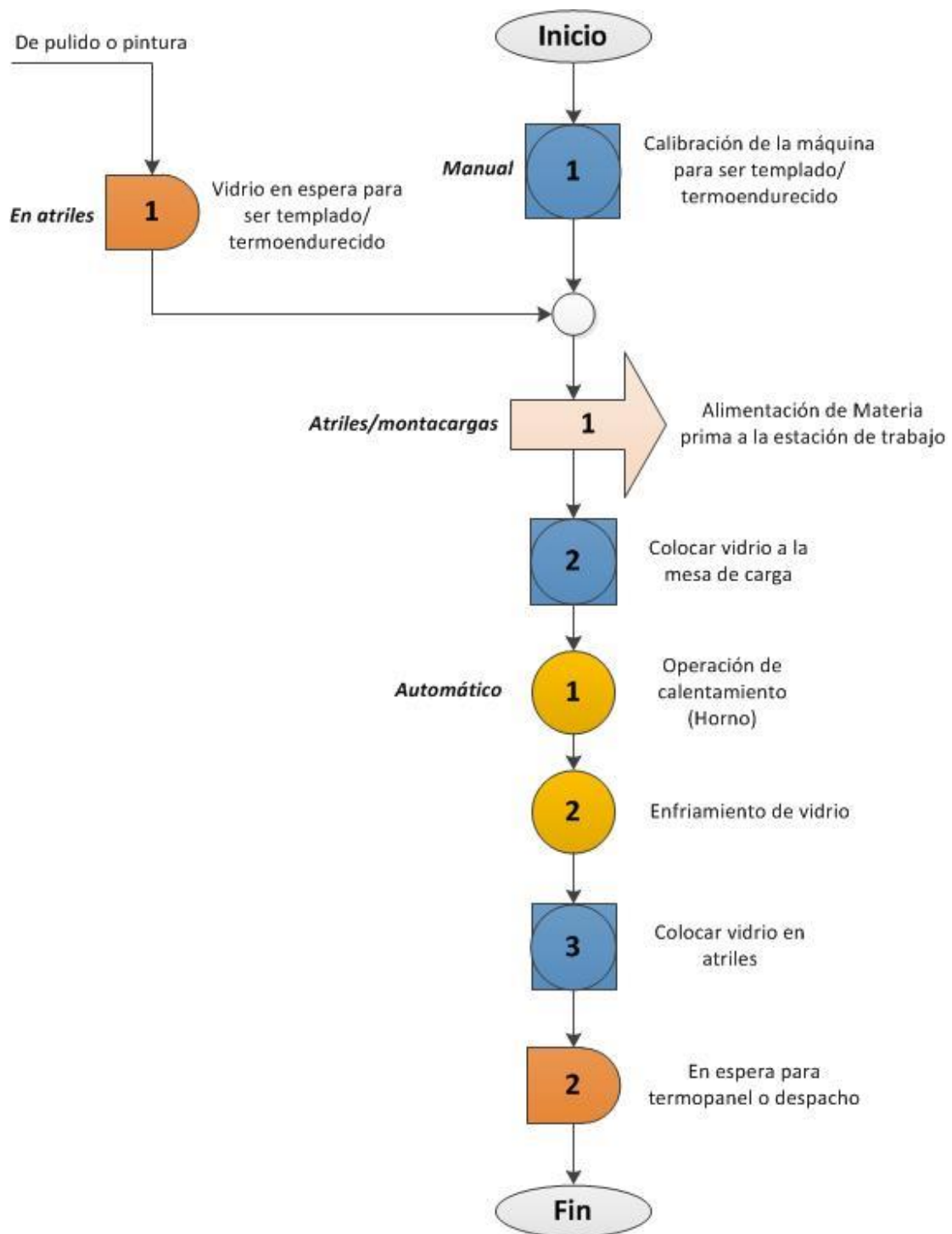


Figura 2.11: Proceso de templado (Horno Tamglass)

Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

1.6 Proceso de termopanel

Este proceso comienza con el lavado y secado del vidrio de manera automática, para luego ser inspeccionados por un operario para no encontrar ningún tipo de imperfección, luego le adhiere el perfil espaciador para así pasar a la máquina armadora y prensadora con el fin de que estos queden completamente unidos y firmes. Finalmente para dar término al armado de un termopanel, es inyectado un sello de polisulfuro y silicona estructural a alta presión por todo el contorno del termopanel. El vidrio es descargado al atril en el cual se deja secar para su posterior entrega.

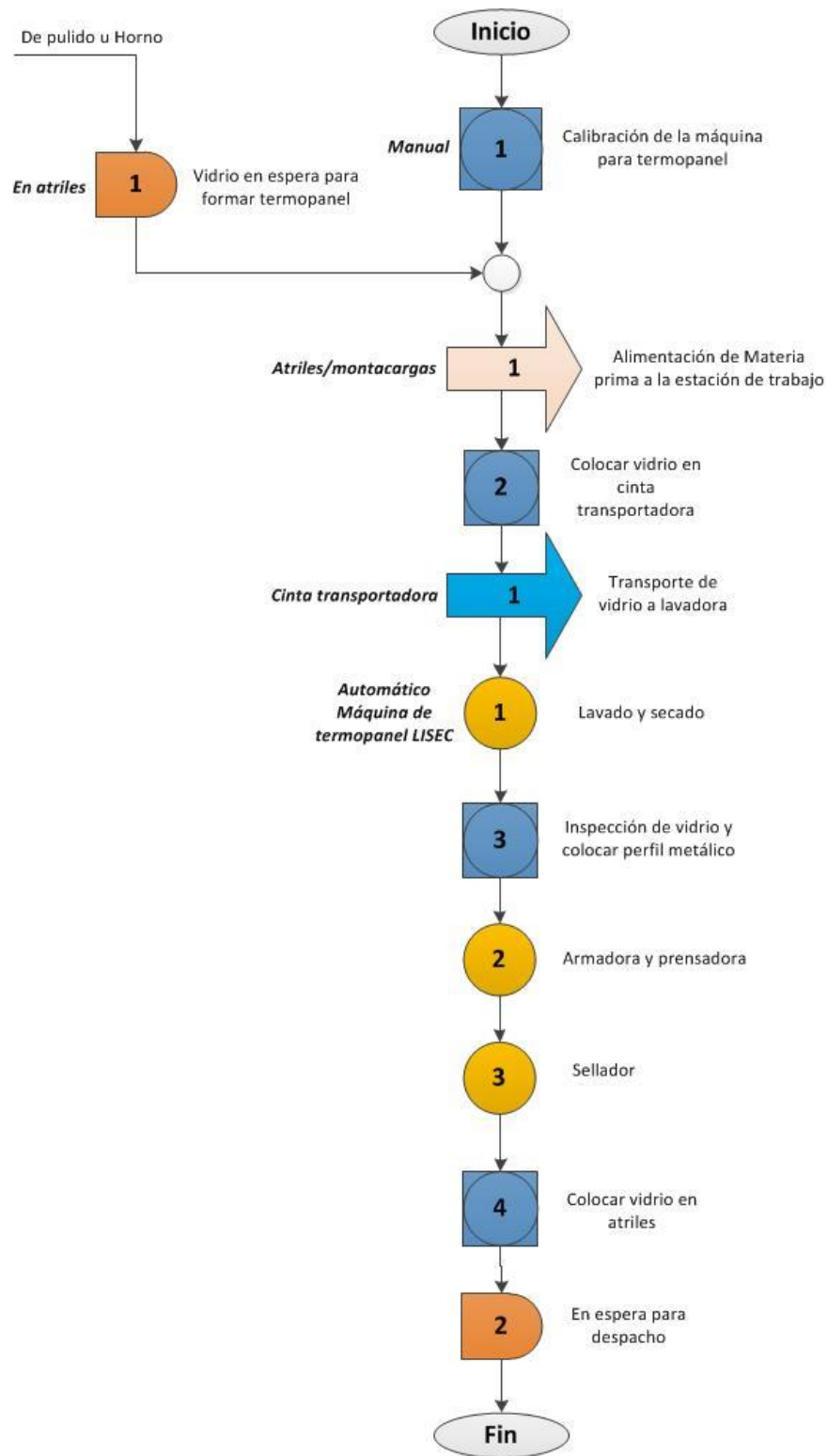


Figura 2.12: Proceso de termopanel
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

CAPÍTULO III

III. Definición y formulación del problema

1 Descripción del problema

Hoy en día Comercial Dialum S.A. se encuentra en una posición de vanguardia como proveedor de DVH, pero no por esto se encuentra exenta de problemas operativos.

El análisis realizado a la empresa arrojó como resultado que desde el año 2012 al presente, se ha observado un aumento considerable en el ingreso de Ordenes de producción (OP's), lo que ha generado como consecuencia la disminución de la capacidad de responder a tiempo en las entregas de productos terminados.

En la siguiente tabla se puede verificar el aumento en incumplimiento en fechas de entrega, presentándose en el año 2012 con un 29%.

Tabla 3.1: Porcentaje de entrega a tiempo productos terminados anual 2010 – 2013

Años	2010	2011	2012	2013
OP's ingresadas	5.987	5.472	6.675	6.770
No cumple con fecha prevista de entrega	13%	10%	29%	27%

Fuente: Elaboración propia, basada en información entregada por el Gerente de Planta de Dialum S.A.

Para poder entender cuál es la causa principal de la problemática, se explicará el proceso de colocación de la OP y el análisis desarrollado mediante el diagrama ARA.

1.1 Proceso de colocación de la orden de producción

Comercial Dialum S.A. es una empresa que se caracteriza por realizar productos a pedido. El ingreso de OP comienza en el Área de Ventas, donde el cliente se comunica con el área comercial vía teléfono, fax, correo electrónico o compra directamente en la sala de

ventas, solicitando una cotización por la fabricación de algún producto, entregando las especificaciones de lo que necesita y la fecha requerida.

El vendedor procede a realizar un presupuesto del o los elementos, que será enviado al Área de Finanzas, quien valida la situación financiera del cliente y establecerá las condiciones de pago. Ya listo ese proceso, el Área de Ventas consulta por la existencia del vidrio, en el caso de la no existencia del vidrio, el vendedor informará al cliente el tiempo requerido para contar con el cristal en las bodegas u ofrecerá una alternativa de iguales características en caso de contar con ella.

En el caso de que el cliente acepte todas las condiciones, se genera la orden de producción (Ver Anexo 3) y le indicará una fecha prevista de entrega del producto final. Concretando este proceso, el vendedor está en condiciones de ingresar la orden de producción al sistema.

El área de planificación comienza con el pedido de plancha optimizada (PPO), optimizando los vidrios (Ver Anexo 3) en el programa “GPS OPT” por espesor, color y tipo de vidrio. Posterior a esto, se realiza la programación diaria y comienza el proceso productivo, y finalmente se hace entrega del producto final al cliente.

Los documentos que se genera en este proceso se encuentran en el Anexo 3.

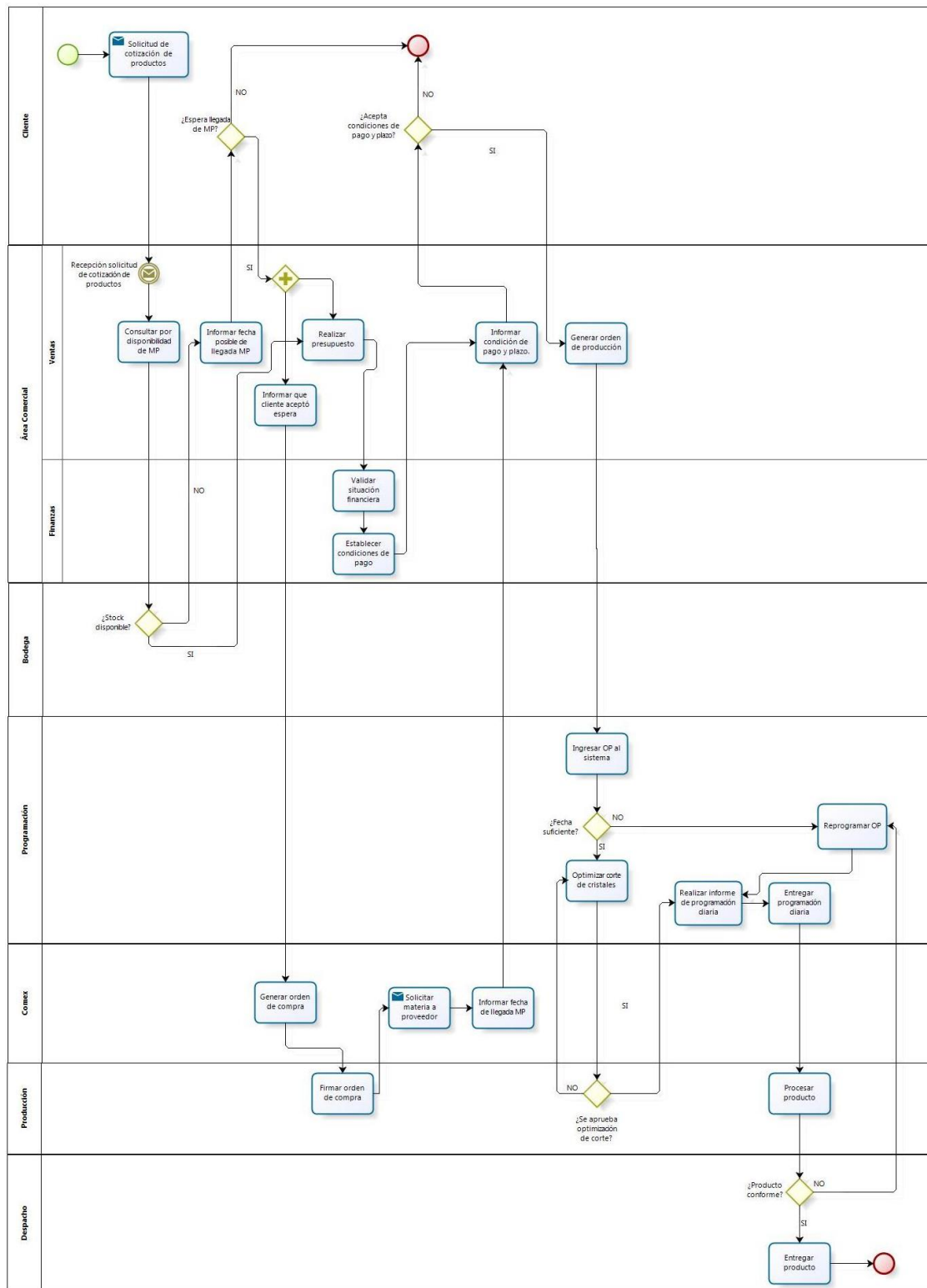


Figura 3.1: Situación actual ingreso de orden de producción.
Fuente: Elaboración propia, software “Bizagi Process Modeler”

Para identificar las causas del problema presente, se realizó un análisis mediante Diagrama ARA, que reflejará las diferentes causas que den origen al problema de incumplimiento.

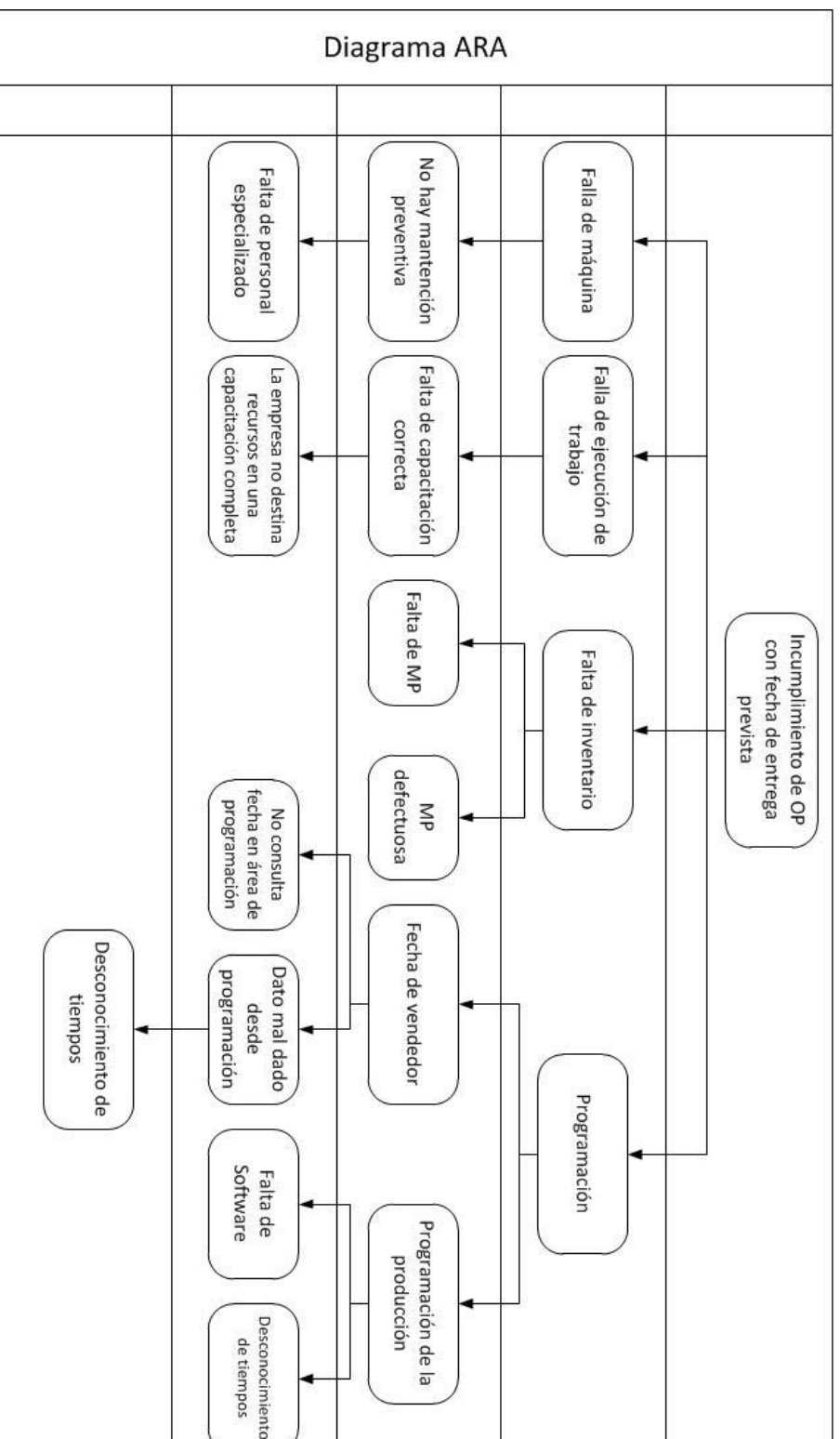


Figura 3.2: Diagrama ARA.
Fuente: Elaboración propia, Microsoft Visio 2010

A través del diagrama utilizado se identificó cuatro causas directas, nombradas en el primer nivel, responsables del bajo cumplimiento en las fechas de entrega a los clientes.

La primera de ellas corresponde a las fallas en las máquinas, principalmente en las estaciones de trabajo de Corte y Termopanel, como consecuencia de la nula mantención preventiva realizada. A pesar de lo dicho anteriormente, el fallo de máquinas no es un problema recurrente debido a la calidad de los recursos utilizados.

La segunda causa deriva de las fallas en la ejecución del trabajo, como por ejemplo la incorrecta manipulación del vidrio, datos mal puestos en la computadora de la máquina, entre otros. Este tipo de problema es causado por la incorrecta capacitación dada a los nuevos operarios, ya que la empresa no destina los recursos para una capacitación completa, por esto el operario más antiguo es quien realiza esta tarea en el transcurso de las jornadas laborales.

La siguiente causa hace referencia a la gestión en la materia prima necesaria para el proceso. Se puede producir dos situaciones; la falta de Materia Prima y Materia Prima Defectuosa. La primera situación se presenta mayoritariamente en el comienzo del proceso donde los lotes de vidrios necesarios para cumplir la orden no han sido puestos en los atriles de las máquinas en las estaciones de Corte y Laminado. La segunda situación se refiere a la materia prima defectuosa adquirida, a razón de la fragilidad de la misma. Cabe destacar que el material es inspeccionado antes de entrar al proceso por lo que esta causa directa no afecta mayormente al atraso de los trabajos requeridos por los clientes.

La última causa directa en el diagrama es la programación, causa raíz de dos subcausas. La primera de ellas se produce por la falta de comunicación entre vendedor y programador o bien por la incorrecta información entregada por el área de programación. La segunda subcausa nace de la falta de un software adecuado para lograr una correcta programación de la producción, hoy esta tarea se realiza a través de la experiencia. Dentro de las subcausas el problema de la incorrecta información adquirida y traspasada por las diversas áreas radica en el desconocimiento de los tiempos necesarios dentro del “proceso de producción de los productos”. Esta última causa directa juega un papel preponderante en el

porcentaje de ocurrencia de las diversas causas que originan esta falta de cumplimiento de Comercial Dialum S.A.

Tabla 3.2: Porcentaje de ocurrencia.

Causa directa	Porcentaje
Falla de máquina	15%
Falla de ejecución de trabajo	9%
Falta de inventario	4%
Programación	72%

Fuente: Elaboración propia, basada en información entregada por el Gerente de Planta de Dialum S.A.

CAPÍTULO IV

IV. Objetivos

1 Objetivo General

Determinar los tiempos requeridos de producción para la programación, para mejorar el cumplimiento en la entrega de productos.

2 Objetivos Específicos

- Conocer el procedimiento actual en la línea de producción
- Identificar el método más adecuado para disponer de tiempos.
- Proponer nuevos métodos para la programación de la producción.
- Disponer de los tiempos de operación por equipo.

CAPÍTULO V

V. Marco Teórico

1 Manufactura

En el sentido tecnológico, manufactura es la aplicación de procesos físicos y químicos para alterar la geometría, propiedades o apariencia de un material de inicio dado para fabricar piezas o productos; la manufactura también incluye el ensamble de piezas múltiples para fabricar productos [Groover07].

2 Sistema de producción

Los sistemas de producción consisten en personas, equipos y procedimientos diseñados para combinar materiales y procesos que constituyen las operaciones de manufactura de la compañía. Los sistemas de producción se dividen en dos categorías: Primero las instalaciones de producción, las que se refieren al equipo físico y su arreglo dentro de la fábrica. La segunda son los sistemas de apoyo a la manufactura, que corresponde a los procedimientos utilizados por la compañía para administrar la producción y resolver los problemas técnicos y logísticos que se encuentra en la ordenación de los materiales, el movimiento del trabajo por la fábrica, y asegurar que los productos satisfagan estándares de calidad [Groover07].

Hay tres tipos básicos de producción, lo que se diferencia por la manera en que se realiza las operaciones y su control [UO,sf]:

- Producción por trabajo o bajo pedido: Es el sistema de producción utilizado por la empresa solamente produce después de haber recibido el pedido o encargo de sus productos.

- Producción por lote: Es el sistema utilizado por empresas que producen una cantidad limitada de un tipo de producto cada vez. Esa cantidad limitada se denomina lote de producción.
- Producción en cadena: Es el sistema de producción continua utilizado por empresas que elaboran determinado producto que no sufre modificaciones, durante un largo periodo. El ritmo de producción es acelerado y las operaciones se ejecutan sin interrupción o cambios.

3 Administración de operaciones

La administración de operaciones es la encargada de administrar y controlar el sistema de producción de una organización que tiene como objetivo convertir insumos en productos y servicios [Gaither&Frazier00].

La persona a cargo de la administración de las operaciones es comúnmente el gerente de producción. Éste toma decisiones dentro del sistema de producción de las cuales dependerá el éxito o fracaso del proceso. La toma de decisiones puede dividirse en 3 tipos: Calidad, Decisiones Estratégicas y Decisiones Operativas [Carro&González,sf]. La primera de ellas es la que define los objetivos de calidad de la empresa, buscando mejorar la calidad de los productos y/o servicios, alineando la producción con las estrategias comerciales. Las decisiones estratégicas (con efecto de largo plazo) son consideradas de largo plazo y afectan la dirección futura de la organización. Por último las decisiones operativas o tácticas (con efecto de corto plazo) son las orientadas a resolver problemas referentes a la planeación de la producción para cumplir con la demanda de productos o servicios [Gaither&Frazier00].

4 Planeación de la producción

La planeación de la producción es una actividad vital para cualquier sistema de producción, que consiste en decidir acerca de los medios que la empresa industrial necesitará para sus futuras operaciones manufactureras y para distribuir esos medios de tal suerte que se fabrique el producto deseado en las cantidades, en la oportunidad al menor costo posible.

Tiene como finalidad vigilar que se logre disponer de materias primas y demás elementos de fabricación, en el momento oportuno y en el lugar requerido. Reducir en lo posible, los periodos muertos de la maquinaria y de los operarios. Asegurar que los operarios no trabajen en exceso, ni que estén inactivos [GP02].

4.1 Planeación agregada

La planeación agregada es una actividad operativa que por medio de un plan, permite estipular la cantidad de recursos necesarios para el proceso y el momento en que serán utilizados, con el único objetivo de optimizar el uso de los recursos productivos. Es una actividad compleja en la que se involucran muchos factores que es necesario tener en cuenta a la vez, por este motivo es necesario determinar parámetros racionales lógicos para tener resultados útiles [Boiteux,Corominas&Lusa07].

5 Programación

La programación de actividades en un sistema productivo se refiere al proceso de organizar, elegir y dar tiempos al uso de recursos para llevar a cabo todas las actividades necesarias, para producir las salidas deseadas en los tiempos deseados, satisfaciendo a la vez un gran número de restricciones de tiempo y relaciones entre las actividades y los recursos [Cortés12].

Los datos que se utiliza para el estudio de la programación de actividades, son datos conocidos con certeza y con antelación, o lo que es igual se manejan datos determinísticos. Un trabajo consiste en varias etapas de proceso, llevadas a cabo en diferentes máquinas o centros de procesamiento, determinados por los requerimientos de cada etapa. Las decisiones en la programación de actividades deben resolver el cuándo, y el cual en orden que las medidas de desempeño tales como la tardanza, inventario en proceso, y tardanza máxima (makespan) sean minimizados [Cortés12].

Un problema de programación se describe generalmente por la siguiente tripleta [Castillo&Fandiño05]:

$\alpha/\beta/\gamma$

El atributo (α) describe el ambiente de la máquina. De acuerdo a la naturaleza del flujo de materiales a través de los recursos se identifica algunos tipos de problemas tales como:

- a) **Problemas con una sola máquina:** Para los problemas con una sola máquina, deben procesarse en ella todos los trabajos. La máquina puede procesar a lo más un trabajo a la vez. En este tipo de problema solo se busca una secuencia que dicta en qué orden se introducirán los trabajos a dicha máquina [Cortés12].
- b) **Problemas con Máquinas Paralelas:** Varias máquinas que pueden realizar el mismo tipo de procesamiento se llaman máquinas paralelas. Un trabajo se puede procesar en cualquiera de las máquinas, y una vez procesado por cualquiera de ellas, queda terminado. A menos que se diga lo contrario, se supone que todas las máquinas son idénticas. El tiempo para procesar un trabajo en una de varias máquinas idénticas es independiente de qué máquina lo haga [Cortés12].
- c) **Problemas con un Sistema de Producción continua (Flow Shop Problems):** Un taller de producción continua contiene máquinas diferentes. Cada trabajo debe procesarse en cada máquina exactamente una vez. Más aún, todos los trabajos siguen la misma ruta; esto es, deben visitar las máquinas en el mismo orden [Cortés12].
- d) **Problemas con un Sistema de Producción intermitente (Job Shop Problems):** Cada trabajo o pieza a realizar está formado por un conjunto de operaciones, cada una de las cuales debe ser procesada en una determinada máquina durante un tiempo preestablecido de antemano. Cada trabajo tiene su propio flujo, es decir la secuencia en que visitan cada una de las máquinas no necesariamente debe ser igual al de los otros [Cortés12].
- e) **Problemas con un sistema de Producción intermitente flexible (Flexible Job Shop Problems):** Este tipo de problemas son una variante de los problemas para un sistema

de producción intermitente. La diferencia se basa en que una actividad tiene asignado un grupo de máquinas en las cuales podrá ser procesada y no solo una máquina en específico. Por lo tanto, además de una secuenciación se tiene que realizar un proceso de asignación [Cortés12].

El problema de programación de un sistema Job Shop (JS) es uno de los más estudiados en la literatura y son conocidos como NP-hard, puesto que para ciertas instancias no se puede encontrar una solución óptima. Este tipo de problema se ajusta de manera adecuada a los problemas reales de casi todos los tipos de manufactura y en todos los sectores, incluyendo el que concierne a este trabajo.

La designación β , abarca varios atributos que proporcionan información sobre las características del procesamiento y restricciones del trabajo [Castillo&Fandiño05].

- a) **Fechas de Liberación (r_j):** El trabajo J_i no requiere iniciar su procesamiento antes de su fecha de liberación r_i . Si r_i no aparece en el campo β , el procesamiento del trabajo J_i puede iniciar en cualquier tiempo.
- b) **Tiempos preparación (setup) dependientes de la secuencia (S_{ik}):** Representa el tiempo de preparación por la dependencia de secuencia que puede existir entre los trabajos J_i y J_k .
- c) **Interrupciones (prmp):** Permitir interrupciones significa que el procesamiento de cualquier operación puede interrumpirse y continuarse más tarde.
- d) **Restricciones de precedencia (prec):** Las restricciones de precedencia se refieren a que existen uno o más trabajos que deben ser efectuados antes de que se empiece el procesamiento de otro
- e) **Breakdown:** Las máquinas no están continuamente disponibles. Los períodos en que una máquina no está disponible son, a menudo debido a cuestiones de mantenimiento.

- f) **Restricciones de elegibilidad de máquinas (M_i):** M_i se usa en el campo β cuando se trata de m máquinas en paralelo. Cuando M_i está presente, no todas las m máquinas son capaces de procesar el trabajo J_i .
- g) **Permutación (Prmu):** Una restricción que puede aparecer en el ambiente flow shop (FS) es el de las líneas de espera en frente de cada máquina. Esto significa que el orden (permutación) en el cual los trabajos entran a la primera máquina es mantenida a través del sistema.
- h) **Recirculación (Recrc):** La Recirculación puede ocurrir en JS, cuando un trabajo puede visitar una máquina más de una vez.

El atributo (γ) hace referencia al objetivo a ser minimizado o criterio de optimización en el problema de scheduling dado [Castillo&Fandiño05]. Algunos de estos son [Gallardo11]:

- **Tiempo de terminación, C_j :** Se define como el tiempo en donde termina de ser procesado el trabajo j , o como la fecha cuando el trabajo j sale del sistema.
- **Tiempo de flujo, F_j :** Corresponde al tiempo de terminación del trabajo j menos su fecha de liberación: $F_j = C_j - r_j$. Cuando todos los trabajos tienen igual fecha de liberación, el tiempo de flujo del trabajo j es igual al tiempo de terminación del trabajo j .
- **Retraso, L_j :** Corresponde al tiempo de terminación del trabajo j menos su fecha de entrega: $L_j = C_j - d_j$. Cuando $L_j < 0$ denota anticipación.
- **Tardanza, T_j :** Se define como el máximo valor entre el retraso del trabajo j y 0: $T_j = \max(C_j - d_j, 0) = \max(L_j, 0)$.

En función de las variables anteriores se define las diversas funciones objetivos a minimizar:

- **Tiempo máximo de terminación de los trabajos, C_{max} (Makespan):** Corresponde al tiempo de terminación del último trabajo en salir del sistema. Minimizar el C_{max} usualmente significa una buena utilización de las máquina(s).

- **Tardanza máxima, T_{max}** (Maximumtardiness): Mide el máximo retraso de todos los trabajos.
- **Tardanza total, TT** (Total tardiness): Es una medida del rendimiento del sistema. Mide el cumplimiento de las fechas de entrega de todos los trabajos.

6 Secuenciación

La secuenciación de trabajos forma parte del proceso de control en un sistema de fabricación y es necesaria cuando un conjunto común de recursos debe ser compartido para fabricar una serie de productos durante el mismo período de tiempo. El objetivo de la secuenciación, es la asignación eficiente de máquinas y otros recursos a los trabajos, o a las operaciones contenidas en éstos, y la determinación del orden en el cual cada uno de estos trabajos debe ser procesado [Castillo&Fandiño05].

La secuenciación de operaciones pertenece al nivel de planificación a corto plazo, y es un problema de optimización combinatoria para el que se han desarrollado numerosos métodos técnicas matemáticas y procedimientos heurísticos, con el objetivo de definir el orden o secuencia óptima en que se ejecutan las operaciones asignadas a los recursos productivos [Calleja&Pastor09].

La complejidad de este tipo de problemas plantea dificultades en su resolución. En primer lugar, el gran número de soluciones (programas) que ofrece la combinatoria hace inviable una exploración exhaustiva de las mismas. Por otro lado, al ser NP-hard hay serias sospechas de que no existen métodos para resolverlos de mejor forma en tiempo polinómico. Finalmente, otra dificultad añadida es la gran variedad de tipos de problemas que se presenta, siendo necesaria, en muchas ocasiones, la creación de nuevos procedimientos adaptados a la particularidad de cada caso [Calleja&Pastor09].

Los métodos desarrollados en el campo de la secuenciación de operaciones se puede dividir en tres categorías, estos son: métodos exactos, métodos aproximados (heurísticos) y los métodos metaheurísticos.

Los algoritmos exactos garantizan encontrar la mejor solución en un tiempo de procesamiento razonable. Lamentablemente para los problemas NP-hard como los de secuenciamiento de producción no existe ningún algoritmo exacto para resolverlos en un tiempo polinomial. Para problemas complejos de la vida práctica los algoritmos exactos necesitan tiempos computacionales exponenciales lo que lleva a soluciones no prácticas. La familia de los métodos exactos es considerablemente grande pero los métodos exactos más comunes para los problemas de secuenciamiento de la producción son los algoritmos branch and bound, programación entera mixta y métodos de descomposición [Sevilla&Zurita10].

Los métodos aproximados (heurísticos) son aquellos que se utiliza para hallar una solución aunque no la mejor, al menos factible, razonablemente buena, en un tiempo limitado. A continuación se muestra una clasificación, no excluyente, de los métodos heurísticos más conocidos. Esta clasificación pretende establecer una enumeración de dichas técnicas heurísticas, aunque algunas se podría incluir en más de una categoría [Calleja&Pastor09]:

a) Heurísticas constructivas

Consisten en construir literalmente paso a paso una solución del problema. Usualmente son métodos deterministas y suelen estar basados en la mejor elección en cada iteración. Un ejemplo lo constituyen las heurísticas basadas en reglas de prioridad.

b) Heurísticas de descomposición

Consisten en dividir el problema en subproblemas más pequeños, siendo la salida de uno la entrada de otro, de forma que al resolver todos los subproblemas se obtenga una solución para el problema global.

c) Heurísticas de reducción

Modifican las estructuras del modelo creando una versión más pequeña con el fin de hacerlo más sencillo de resolver, obteniendo, a partir de la solución del problema modificado, la solución del caso completo.

d) Heurísticas inductivas

La idea de estos métodos es generalizar versiones pequeñas o más sencillas al caso completo. Propiedades o técnicas identificadas en estos casos más fáciles de analizar pueden ser aplicadas al problema completo.

e) Heurísticas de búsqueda local¹

A diferencia de los métodos anteriores, los procedimientos de búsqueda o mejora local, comienzan con una solución del problema y la mejoran progresivamente. El método finaliza cuando no existe ninguna solución accesible que mejore la anterior con las técnicas de búsqueda local o se acepta que la solución es suficientemente buena. Entre las heurísticas constructivas más usadas en el secuenciamiento de la producción están las variantes de las reglas de despacho.

Debido a la facilidad de la implementación y los bajos requerimientos computacionales las reglas de despacho son las heurísticas más comunes para los problemas de secuenciamiento de la producción. Aunque se comportan bien en ciertos casos no existe una regla que se ajuste bien a todos los problemas de secuenciamiento; es decir que algunos de las reglas de despacho generan soluciones óptimas solamente en ciertos problemas [Sevilla&Zurita10].

¹ Conocido también como búsqueda en profundidad.

A continuación se presenta en detalle las reglas de despacho más comunes; éstas son:

Reglas	Descripción
SOT	Una operación con el menor tiempo de proceso en la máquina considerada.
LOT	Una operación con el mayor tiempo de proceso en la máquina considerada.
LRPT	Una operación con el mayor tiempo de procesamiento de las tareas remantes.
SRPT	Una operación con el menor tiempo de procesamiento de las tareas remantes.
LORPT	Una operación con la cola más alta y menor tiempo del proceso.
Random	La operación para la máquina considerada es aleatoriamente escogida.
FCFS	La primera operación en la cola de trabajos esperados para la misma máquina.
SPT	Un trabajo con el menor tiempo total de proceso.
LPT	Un trabajo con el mayor tiempo de proceso.
LOS	Una operación con el mayor tiempo de proceso de operación posterior.
SNRO	Una operación con el menor número de operaciones posteriores.
LNRO	Una operación con el mayor número de operaciones posteriores.

Tabla5.1: Reglas de despacho más comunes

Fuente: [Sevilla & Zurita10]

Como mejora a los métodos heurísticos se generó los métodos metaheurísticos, estos son algoritmos de propósito general, que no dependen del problema, y que ofrecen buenos resultados pero que normalmente no acaban ofreciendo “la” solución óptima sino soluciones sub-óptimas. Se acostumbran a utilizar para aquellos problemas en que no existe un algoritmo o heurística específicos que los resuelva, o bien cuando no es práctico implementar dichos métodos.

Prácticamente todas las metaheurísticas se pueden aplicar para la resolución de problemas de secuenciamiento de la producción. Sin embargo los métodos más usados por la efectividad en este tipo de problemas JS son [Sevilla&Zurita10]:

- a) **Algoritmos evolutivos:** Este tipo de algoritmos se dividen principalmente en 3 categorías: algoritmos genéticos, estrategias evolutivas y programación evolutiva. Uno de los algoritmos más recientes en esta categoría es el algoritmo evolutivo diferencial (DEA).

- b) **Colonia de hormigas:** Se inspira en el comportamiento que rige a las hormigas de diversas especies para encontrar los caminos más cortos entre las fuentes de comida y el hormiguero.
- c) **Búsqueda dispersa (ScatterSearch):** Similar a los algoritmos genéticos pero usan estrategias sistemáticas en lugar de aleatorias.
- d) **Redes Neuronales:** Constituyen una tecnología de inteligencia artificial avanzada que simula el aprendizaje del cerebro y los procesos de toma de decisiones.
- e) **Búsqueda Local Básica:** Explora una vecindad de una solución con un conjunto de movimientos con la finalidad de obtener un óptimo local.
- f) **Búsqueda Local Explorativa:** Puede ser GRASP (greedy randomized adaptative search procedure), VNS (variable neighbourhood search) y ILS (iterated local search).
- g) **Recocido Simulado:** Basado en los cambios energéticos de un sistema de partículas conforme disminuye la temperatura hasta que llega a un estado estable.
- h) **Búsqueda Tabú:** Utiliza un procedimiento de búsqueda local para moverse iterativamente buscando una mejor solución hasta satisfacer un criterio determinado. El procedimiento se fundamenta en una lista tabú.
- i) **Aceptación de umbral:** Una modificación de la búsqueda local para permitir aceptar soluciones de menor calidad para escapar de óptimos locales.

El empleo de modelos de optimización es cada vez más frecuente en la toma de decisiones en problemas de planificación y programación de la producción, decisiones que resultan complejas por el gran número de variables involucradas que hacen que los efectos de la programación tengan repercusiones de índole económicas y operacionales.

La utilización de los diversos modelos propuestos es posible si el sistema se conoce en conjunto con todas sus variables, siendo el tiempo un dato esencial para poder aplicar cualquier modelo expuesto en este marco teórico. Por lo anterior no vamos a utilizar ninguna técnica en particular, sino que a través de este marco teórico se quiere demostrar las características de los datos para aplicar.

Una de las técnicas principales para planear la producción, es obtener tiempos estándares que nos permitan conocer la capacidad instalada, y de esta manera poder programar, sin ellos, se puede decir que se maneja a ciegas la producción. Actualmente Comercial Dialum S.A. no cuenta con estándares de tiempos de producción, dificultando principalmente la planeación de la misma.

De acuerdo a lo expresado anteriormente es necesario encontrar la metodología apropiada para la correcta determinación de los tiempos estándares de producción.

7 Métodos de medición de tiempos estándares

Básicamente hay dos maneras de determinar los tiempos estándar, ellos son: la utilización de tiempos estándares ya predeterminados y el estudio de tiempo con cronómetro. El primero de ellos considera todos aquellos sistemas que han determinado previamente los tiempos requeridos por movimientos elementales de que se componen las acciones humanas tales como el sistema MTM y MOST. El estudio de tiempo con cronómetro es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Dentro de estas dos técnicas anteriormente definidas, la primera de ellas no es compatible con el problema tratado en esta tesis, ya que está orientada a trabajos manuales, a la intervención del ser humano, idea alejada de la realidad del proceso de Comercial Dialum S.A. en donde el trabajo es realizado esencialmente por máquinas.

7.1 Estudio de tiempo con cronómetro

El estudio de tiempo con cronómetro, se puede realizar de dos maneras, el primero de ellos denominado método de SpeedRate y el segundo el método de muestreo.

a) Método de SpeedRate

El analista descompone una operación en sus elementos, también observa la tasa de actividad del operador y registra un "Factor de clasificación de rendimiento", que es el ritmo observado en comparación con el concepto que tiene el análisis del ritmo normal para la operación motivo de estudio, considerando las tolerancias aplicables a la operación.

- Definición de valoración del ritmo del trabajo

La valoración del ritmo de trabajo se define como [Salazar,sf]:

La valoración del ritmo de trabajo es la justipreciación por correlación con el concepto que se tiene de lo que es el ritmo estándar.

Esto significa comparar el ritmo real del trabajador con cierta idea que tenga el especialista de lo que debería ser el ritmo estándar; esta idea se debe formar mentalmente al apreciar cómo trabajan de manera natural los trabajadores calificados cuando utilizan el método de ejecución en el que se basa el estudio de tiempos.

- Suplementos del estudio de tiempos [Salazar,sf]

Al igual que en la etapa de valoración del ritmo de trabajo, la fase correspondiente a la determinación de suplementos es sumamente sensible en el estudio de tiempos, pues en esta etapa se requiere del más alto grado de objetividad por parte del especialista y una evidente claridad en su sentido de justicia. En la etapa de valoración del ritmo de trabajo se obtiene el

tiempo básico o normal del trabajo, si con este tiempo calculamos la cantidad de producción estándar que se debe obtener durante un periodo dado, en una fase inmediata de observación nos encontraríamos con que difícilmente se pueda alcanzar este estándar. La anterior afirmación despertaría un análisis de las causas de la fallida estimación de producción, y lo más probable que se encuentre es que:

- Existan causas asignables al trabajador.
- Existan causas asignables al trabajo estudiado.
- Existan causas no asignables.

La calificación de la actuación que se debe realizar en el método del SpeedRate es la misma condición que nos hizo descartar la utilización de tiempos predeterminados, por lo que este método nos es viable para la determinación de los tiempos estándares en nuestro caso.

La velocidad de producción es determinada por las máquinas que se deben utilizar dependiendo del producto en proceso, por lo que cualquier técnica que considere el trabajo manual no se podría aplicar, por lo que el método del muestreo, en el cual se debe tomar los tiempos (muestra representativa) y calcular un promedio sin necesidad de aplicar ningún factor de corrección y así determinar el tiempo estándar, es el mejor método de acuerdo a las características del proceso en estudio.

El problema del estudio de tiempo radica en los puntos de referencia que se deben considerar para la toma de los tiempos es decir definir donde está el intervalo de tiempo. El concepto utilizado para este problema es el Ciclo de Trabajo, que se define como [Puerta79]:

“Es la sucesión completa de los elementos necesarios para llevar a cabo una actividad o tarea determinada o para obtener una unidad de producción. Puede incluir elementos que no se repiten en cada ciclo”

Los tipos de elementos se clasifican en [Puerta79]:

Según su presentación en un ciclo de trabajo.

- **Repetitivos:** son los que aparecen en cada ciclo del trabajo estudiado.
- **Casuales:** son los que no aparecen en cada ciclo del trabajo, sino a intervalos regulares o irregulares.
- **Extraños:** son los observados durante el estudio y que al ser analizados no resultan ser una parte necesarias del trabajo

Según quien lo ejecute.

- **Mecánicos:** son los realizados automáticamente por una máquina a base de fuerza motriz.
- **Manuales:** son los que realiza el operario.

Según la cantidad de tiempo en todos los ciclos.

- **Constantes:** son aquellos cuyos tiempos de ejecución es siempre igual.
- **Variables.** Son aquellos cuyo tiempo de ejecución cambia según ciertas características del producto, equipo o proceso, como dimensiones, peso, calidad, etc.
- **Dominantes:** son los que duran más tiempo que cualquiera de los elementos cumplidos mientras tanto.

La determinación del ciclo de trabajo dependerá del proceso a realizar, en donde las características de cada uno lo definirán.

Una vez determinado el ciclo de trabajo para cada máquina, se debe determinar el número de muestras a considerar, las que se dijo con anterioridad que deben ser representativas. Las muestras debes ser representativas para que los datos recogidos sean generalizables a toda la población. A este respecto, se dice que una muestra es representativa si sus integrantes poseen todas y cada una de las características que definen a su población de origen. De este modo, si una muestra no es representativa, se dice que es sesgada e invalida los resultados obtenidos.

El tamaño de la muestra se elegirá de modo que la variación entre los tiempos sea lo menor posible tomando en consideración aquellos valores que escapan por diversidad de

causas. Dentro del marco teórico del control estadístico del proceso se pueden considerar dos tipos de causas en la variación del proceso las que se denominan [DE,sf]:

- **Causas Asignables:** Son causas que pueden ser identificadas y que conviene descubrir y eliminar, por ejemplo, una falla de la máquina.
- **Causas no Asignables:** Son una multitud de causas no identificadas, ya sea por falta de medios técnicos o porque no es económico hacerlo.

Dentro del análisis de cada proceso se debe determinar las diferentes posibles variaciones en el tiempo, las que como dijimos anteriormente corresponden a todas aquellas posibles causas relacionadas con el funcionamiento de las máquinas. Es claro que por la cantidad de productos diferentes de la empresa hay una variabilidad en el tiempo por el tipo de producto que se procese, lo que deberá ir definido en una matriz de datos Tiempo/Producto. También cabe destacar que el funcionamiento de las máquinas se puede ver impedido por problemas de mantención, causa ya nombrada en diagrama ARA en el capítulo III, causa que también podría ser responsable de una variación en el tiempo cronometrado.

CAPÍTULO VI

VI. Metodología

La Figura 6.1 muestra la metodología utilizada para resolver este trabajo y con la que se espera encontrar la mejor solución al problema planteado. A continuación, se especifica cada uno de estos pasos con los que se pretende resolver el problema.

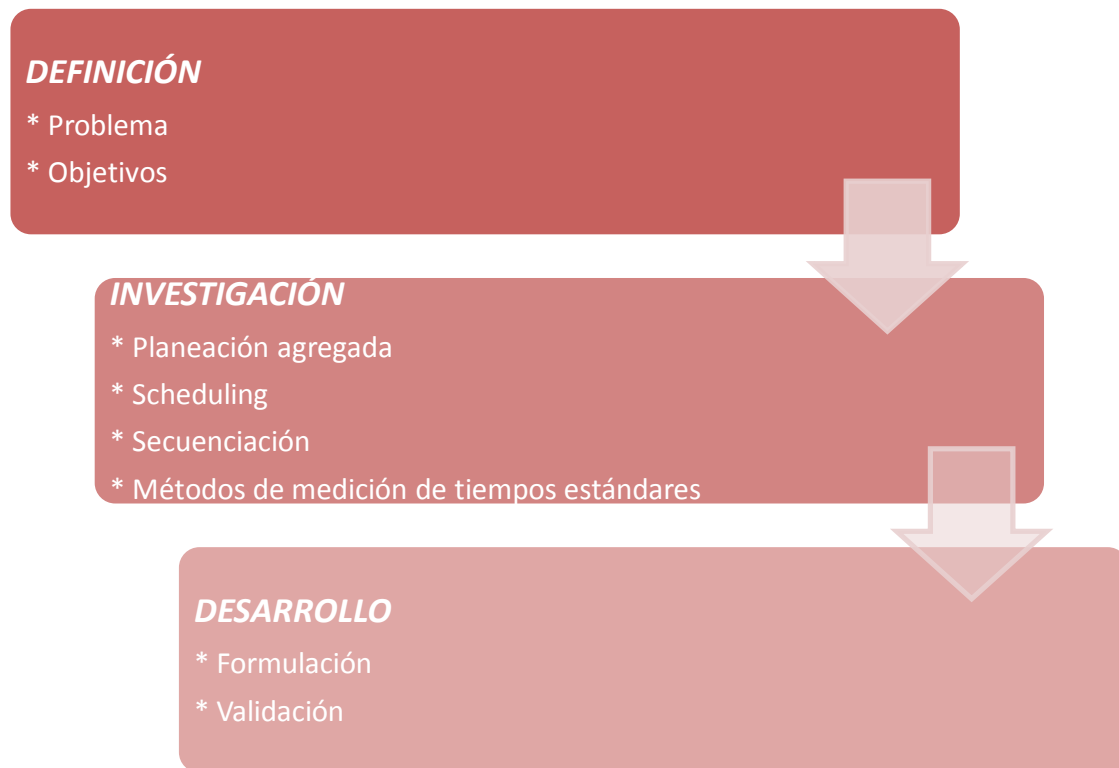


Figura 6.1: Metodología
Fuente: Elaboración propia

1 Etapa de definición

Como se ha apreciado en los primeros capítulos de este trabajo, la definición clara del problema es fundamental para desarrollar y encontrar la mejor solución al problema, es por ello, que se ha establecido la definición del problema (Capítulo III) como el primer paso de nuestra metodología.

Una vez definido el problema, el siguiente paso es definir claramente los objetivos, general y específicos, donde se puede apreciar cuales son las metas y la solución que se pretende establecer para solucionar el problema, por lo tanto, el segundo paso de la metodología es la definición de objetivos (Capítulo IV).

2 Etapa de investigación

Los primeros dos pasos de la metodología cierran el marco del proceso de “definición”, donde da inicio un nuevo proceso que es el de “investigación” en donde nos permite comprender los conceptos del área de programación, estos fueron definidos como “Planeación Agregada”, “Programación”, “Secuenciación” y “Métodos de Medición de Tiempos Estándares” (Capítulo V).

3 Etapa de Desarrollo

Una vez concluido el proceso de “investigación”, se da inicio a la etapa de desarrollo, donde se desarrolla la solución a nuestro problema planteado al inicio de esta memoria, donde se comenzará con el análisis de las distintas estaciones de trabajo, clasificando las distintas variables según su comportamiento con el propósito principal de obtener la información necesaria para iniciar la determinación de los tiempos de producción, siendo esto un dato fundamental para poder utilizar cualquier modelo de programación. Luego de eso, se entra a la creación de un formulario de programación, que permitirá realizar una programación adecuada.

Por último, para concluir el trabajo, se realiza una comprobación en base a un caso real que posee la empresa y se sacara las conclusiones respecto a los resultados.

CAPÍTULO VII

VII. Determinación de tiempos de producción

1 Determinación de Tiempo Estándar

En un entorno de manufactura moderna la programación de la producción es una tarea compleja y difícil de resolver en forma eficiente. Actualmente, tanto la rapidez como el cumplimiento de entrega a clientes constituyen una ventaja estratégica para la competitividad de los sistemas productivos. En tal sentido, lograr secuencias de producción que minimicen atrasos en la entrega es de vital importancia.

A través del estudio de la literatura referente al área de la programación expuesta en el marco teórico en el capítulo anterior, se ha definido los diferentes métodos que se han construido a lo largo de la historia, con el fin de poder solucionar los problemas de secuenciación existentes, siendo el tiempo un dato de entrada esencial para utilizar cualquiera de estos. La determinación de los tiempos de producción se realizará a través de la técnica de muestreo, método viable por las características que presenta el proceso en estudio.

El proceso productivo de Comercial Dialum S.A. se compone de seis estaciones de trabajo distintas, las que poseen diferentes configuraciones de máquinas, ya sea estaciones con sólo una máquina o bien etapas con máquinas en paralelo (idénticas, con diferentes velocidades o no relacionadas). Por la complejidad del proceso, la determinación del tiempo estándar se realizó analizando cada máquina diferente por separado, ya que las variables que provocan un cambio en el tiempo pueden ser distintas. Al conocer estas variables y la relación existente entre ellas, es posible representar este vínculo a través de una fórmula.

Para conocer el comportamiento de los datos es necesario tomar muestras representativas de la población (Ver Anexo 4). La determinación del número de muestras se definió en el momento de encontrar una congruencia en los datos. En el caso de que no se

presentara esta condición se volvió a analizar el proceso y se encontró la variable no contabilizada.

Los puntos de referencia considerados en la toma de las muestras en todos los procesos con excepción del proceso de laminado, es desde que se da la señal de búsqueda del vidrio hasta que estos son colocados en el atril. Para el caso de Laminado se considera desde que las ventosas van a buscar el vidrio hasta que sale de la calandra, ya que para comenzar el proceso de autoclave se debe juntar la cantidad de vidrios correspondientes a la máxima capacidad de carga de éste.

Hay estaciones que trabajan el vidrio por unidad y etapas que lo hacen por carga, por lo que el cronometraje puede ser respecto a una cantidad de unidades que pasan por el proceso, o bien por la cantidad de cargas procesadas. Para el primer caso el cronometraje se realizó en un total de diez planchas, independiente si el lote que se procesará fuera mayor, si esto sucedía, se calculó un promedio para poder cronometrar las planchas correspondientes. Para el segundo caso, se midió como mínimo un total de tres cargas.

Para la determinación los tiempos estándar se trabajó en base a las siguientes fórmulas, definidas luego del análisis realizado en las estaciones de trabajo:

$$\begin{aligned}
 T &= Q_p \times t_p \\
 T &= Q_c \times t_c \\
 T &= (Q_q \times t_q) + (Q_a * 240) \text{ si } Q_p > Q_q \\
 T &= Q_{pc} \times t_{pc}
 \end{aligned}$$

Fuente: Elaboración propia

Donde:

- T : Tiempo de proceso del lote.
- Q_p : Cantidad de planchas por lote
- Q_c : Cantidad de cargas por lote
- Q_q : Cantidad de planchas posibles a cargar en autoclave
- Q_a : Cantidad de veces a cargar en autoclave
- Q_{pc} : Cantidad de planchas a cortar
- t_p : Tiempo por plancha

t_c : Tiempo por carga
 t_q : Tiempo de Q_q antes de autoclave
 t_{pc} : Tiempo por plancha cortada

Para la determinación del tiempo estándar en cada estación de trabajo, se utilizaron las siguientes fórmulas. El cuadro siguiente, muestra la correspondencia entre estas.

Tabla 7.1: Fórmula a utilizar por estación de trabajo.

Fórmula Base	Estaciones de Trabajo
$T = Q_p \times t_p$	Pulido - Termopanel
$T = Q_c \times t_c$	Pintura - Horno
$T = (Q_q \times t_q) + (Q_a * 240)$	Laminado
$T = Q_{pc} \times t_{pc}$	Corte

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de la fórmula hay valores que se pueden saber de manera directa, como el Q_p , dato que se puede leer en la orden de producción. En el caso de la cantidad de cargas, depende de la etapa analizada, donde puede ser de acuerdo al área utilizada de la mesa en donde se posicionan los vidrios, como sucede en la etapa de Horno y Pintura o de acuerdo a la cantidad posible de cargar en el autoclave en el proceso de Laminado.

Referente al caso de Laminado la cantidad de planchas a cargar al autoclave depende del espesor del vidrio trabajado, a medida que este aumenta, la cantidad de planchas a cargar disminuye. Esta relación inversa se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 7.2: Relación entre espesor – unidades a cargar en autoclave.

Espesor	Unid. a cargar en autoclave
6	48
8	48
10	32
12	32
16	20

Fuente: Elaboración Propia.

El total de veces a cargar en autoclave viene dado por la fórmula:

$$Q_a = \frac{Q_p}{Q_q}$$

Para conocer el tiempo de proceso es necesario abordarlo de manera distinta, ya que este depende del proceso analizado. Hay casos en donde el tiempo es constante.

Tabla 7.3: Tiempos constantes en procesos.

Procesos	Partes del Proceso	Tiempos [min]
Laminado	<i>Autoclave</i>	240
Pintura	<i>Tiempo Preparación Diseño</i>	4,68
	<i>Tiempo Preparación 100%</i>	7,23
	<i>Tiempo de Secado</i>	10

Fuente: Elaboración Propia

Pero también hay procesos o partes de ciertos procesos, en donde el tiempo ya no es constante, por lo que encontrar la relación entre este y la variable que lo hace cambiar es fundamental. Las variables dependen de cada proceso y antes de representar cualquier relación primero se deben identificar.

Tabla 7.4: Variables de cada proceso.

Proceso	Variable
Corte Simple y Corte con Borrado	Metros Lineales
Corte Laminado	N° piezas
Laminado	Espesor
Termopanel	Metros Cuadrados
Pintura	Metros Cuadrados
Horno	Espesor
Pulido	Metros Cuadrados

Fuente: Elaboración Propia

Luego de identificar las variables, se determinó la relación entre estas y el tiempo a través de la técnica estadística de regresión lineal, en donde se pudo corroborar el nexo existente, en donde para la totalidad de los gráficos el coeficiente de correlación es positivo y cercano a 1, lo que nos muestra la relación directa de los datos y el buen ajuste al modelo lineal. Como parte del resultado de la línea de tendencia en Excel (Ver Anexo 5), también se pudo encontrar el valor de la pendiente y la intersección, que serán parte de las futuras fórmulas.

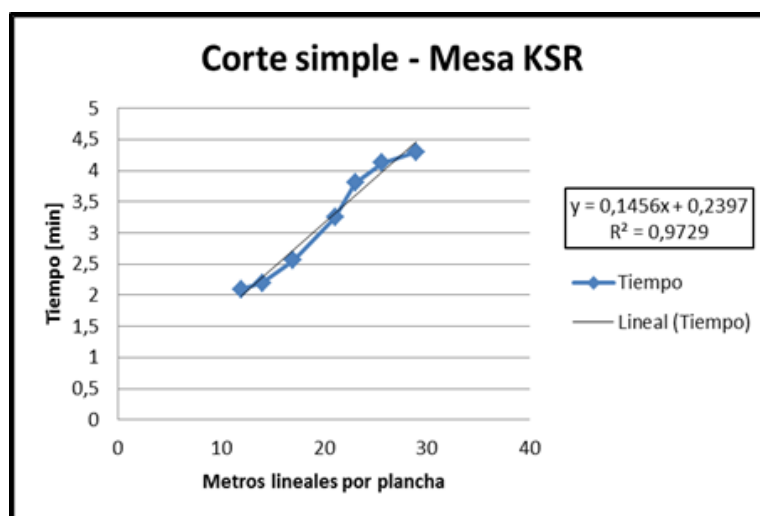


Gráfico 7.1: Relación de variables en estación de trabajo Corte en mesa KSR

Fuente: Elaboración propia

Pero el tiempo no sólo puede variar por aspectos inherentes al proceso, tales como el tipo de trabajo realizado, sino también existen variables referentes a las máquinas utilizadas, ya que hay tiempos de falla a considerar.

Para conocer cómo podrían variar los tiempos a causa de las posibles fallas, se hizo una medición de probabilidad, a través del método Laplace, en donde se define la probabilidad de un suceso como el cociente entre casos favorables y casos posibles. La manera de hacer esta medición comenzó contabilizando durante 48 días las horas en que la máquina no está produciendo, ya sea por falla o porque no se le ha asignado ningún trabajo.

La empresa tiene jornada laboral de 9 horas, que se realiza en un solo turno, por lo tanto toda máquina puede trabajar un total de 432 [horas] en los 48 días de análisis, por lo que al restar las horas totales en que no han funcionado por no tener trabajo, da como resultado las horas en que las máquinas estuvieron procesando vidrios. El cálculo de probabilidad de ocurrencia corresponde al total de horas de falla de cada máquina en relación al tiempo total trabajado en cada una. Las probabilidades encontradas se utilizaron como factor de corrección en la fórmula, dando un resultado con la consideración de la posible eventualidad de falla (Ver Anexo 7).

De acuerdo a lo analizado se puede construir la fórmula para cada proceso, en donde se obtuvo un total de 30 fórmulas distintas (Ver Anexo 8). A través de estas va a ser posible encontrar el tiempo necesario para producir un determinado trabajo, ya que el tiempo de cada operación a realizar para completarlo, está estandarizado.

2 Formulario para la Programación

Con el fin de obtener los tiempos rápidamente y que sean de fácil acceso, se creará un formulario en el cual todas las especificaciones del cliente estén definidas. Al ingresar los datos del formulario en un Excel, automáticamente se obtendrán los tiempos en cada máquina,

incluyendo máquinas alternativas. El programador con esa información podrá programar las diferentes tareas y asignar los recursos disponibles.

El formulario se realizó a través de la herramienta Excel, utilizando funciones avanzadas, tales como la función SI, la cual actúa como una función lógica permitiendo comprobar si ciertas condiciones son verdaderas o falsas. Con lo anterior más las fórmulas determinadas a través de muestreo, se logró obtener una estructura simple que se utilizará como base para mostrar los tiempos estandarizados

La primera parte del formulario, consta de dos tipos de datos, aquellos de clase general tales como el número de la OP, nombre del cliente, tipo de producto, fecha de Orden y Fecha de entrega, y datos numéricos, correspondientes a especificaciones técnicas del producto solicitado. Los valores como los metros cuadrados del Lote y el espesor, son parte de las fórmulas anteriormente establecidas para encontrar el tiempo, por lo que al ir cambiando estos valores, en Excel los tiempos cambiarán automáticamente.

Solicitud Cliente	
<i>N° OP</i>	
<i>Cliente</i>	
<i>Producto</i>	
<i>Fecha Orden</i>	
<i>Fecha de entrega</i>	
<i>Qp</i>	
<i>Mtr2L</i>	
<i>Mtr1L</i>	
<i>Qq</i>	
<i>e</i>	

Figura 7.1: Formulario. Datos Generales - Especificaciones Técnicas.

Fuente: Elaboración Propia.

La segunda parte es aquella que comprende la secuencia de operaciones del trabajo a realizar, mostrando los destinos que debe seguir el vidrio por las distintas estaciones de trabajo, como también el tipo de proceso a realizar en cada una de ellas. Para reducir los nombres de los procesos y de las máquinas se designó una abreviatura para cada una de ellas,

haciendo posible también la estandarización en los conceptos (Ver Anexo 9). La elección de cada proceso se realiza a través de una lista desplegable, en donde al seleccionar alguna de ellas aparece de manera automática las máquinas posibles a utilizar y el tiempo que requiere cada una.

	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
Secuencias de Operaciones					
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> A1 A2 B1 B2 B3 C1 C2 D </div>				

Figura 7.2: Formulario. Secuencia de Operaciones
Fuente: Elaboración Propia.

La tercera y última parte del formulario, corresponde a los tiempos de demora de cada máquina de acuerdo al proceso realizado. Los valores en las tablas aparecerán de manera automática al elegir las secuencias de operaciones que debe seguir el vidrio, logrando mostrar información rápida y real, en post a una mejor programación y asignación de recursos.

Tiempo [min] - máquina / tipo de corte		
	A1	A2
M1	0	0
M2	0	0
Mksr	0	0

Tiempo [min] - Máquina/ tipo de laminado a cortar			
	B1	B2	B3
M2	0	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Tipo de pulido		
	C1	C2
BIL1	0	0
BIL2	0	0
REC1	0	0
REC2	0	0
PP	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Laminados	
	D
LAM	0

Tiempo [min] - máquina / tipo proceso horno		
	E1	E2
K1	0	0
K2	0	0
TG	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Termopaneles	
	G
T1	0
T2	0

Tiempo [min] - Máquina / Tipo de pintura		
	F1	F2
PIN	0	0

Figura 7.3: Formulario. Tiempos
Fuente: Elaboración Propia.

La creación de este formulario en Excel sirve de plataforma para conocer los tiempos de elaboración de los trabajos de manera exacta, mostrando el real tiempo de producción

dependiendo de las etapas que estos deben seguir, eliminando los errores de estimación existentes en consecuencia de la forma de programar utilizada actualmente, la expertiz del programador.

Lo dicho anteriormente se puede demostrar comparando la estimación realizada por el programador a través de su experiencia en contra de los resultados arrojados por el formulario realizado en este trabajo. A continuación se muestra primero una estimación realizada por el programador a través de la experiencia del día 23 de diciembre del 2013 y luego el mismo trabajo con los tiempos arrojados por el formulario.

Programación 23 de Diciembre 2013

nroord	destino	espesor	cant_soli	cant_proce	cant_term	cant_despa	total_mtl	total_mtr_2	tiemp_prod			
									1	2	3	4
49858	0AB32	4	106	106	0	0	588,94	223,03	90	400	90	100
49863	ODC42	6	24	24	0	0	114,6	25,9	40	25		
49864	ODC42	6	10	10	0	0	30,5	4,5	10	10		
49865	ODC42	6	24	24	0	0	197,64	83,68	65	40		
49868	0A742	10	12	12	0	0	64,99	21	20	50	80	30
49870	0A7B2	8	56	56	0	0	280,63	86,66	60	190	260	70
49871	0CB32	4	3	3	0	0	12,21	2,82	5	5	5	
49872	0CAB32	4	33	33	0	0	135,07	47,34	40	90	30	30
49877	0C32	6	1	1	0	0	3,74	0,85	3	3		
49878	0C32	6	65	65	0	0	366,46	120,27	80	60		
49880	0AB32	6	46	46	0	0	220,5	64,73	45	150	45	40



Figura 7.4: Estimación de tiempo para OP 49872, caso real.
Fuente: Comercial Dialum S.A.

Solicitud Cliente					
	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
Secuencia de Operaciones	A1	C2	E1	G	

N° OP	49872
Cliente	Tehmco Fab.
Producto	Termopanel
Fecha pedido	20-12-2013
Fecha de entrega	24-12-2013

Tiempo [min] - máquina / tipo de corte		
	A1	A2
M1	18	0
M2	18	0
Mksr	22	0

Tiempo [min] - máquina / tipo proceso horno		
	E1	E2
K1	17	0
K2	17	0
TG	13	0

Qp	33
Mt*2L	47,34
Mtr*1L	135,07
Qq	48
e	4

Tiempo [min] - Máquina/ tipo de laminado a cortar			
	B1	B2	B3
M2	0	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Termopaneles		
	G	
T1	19	
T2	18	

Tiempo [min] - Máquina / Tipo de pulido		
	C1	C2
BILL1	0	63
BILL2	0	54
REC1	0	97
REC2	0	83
PP	0	46

Tiempo [min] - Máquina / Tipo de pintura		
	F1	F2
PIN	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Laminados	
	D
LAM	0

Figura 7.5: Tiempos de producción para OP 49872,
Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver el programador ha determinado que la OP 49872 debería demorarse un tiempo total de 3 horas 10 minutos aproximado, pero revisando los valores obtenidos por el formulario se puede demorar entre 1 hora 57 minutos y 2 horas 35 minutos, donde dependerá de la máquina a la que sea destinada, verificando la disponibilidad de ellas. Por tanto, se puede concluir que el tiempo entregado por formulario es más exacto que el tiempo estimado a través de la experiencia, no hay que olvidar que hay factores importantes que pueden influir en posibles errores en la estimación, como por ejemplo el estrés generado por la carga de trabajo.

Con los tiempos ya establecidos y con la posterior corroboración de su ajuste a la realidad realizada en este Trabajo de Título es posible determinar e implementar un modelo de programación de la producción, el que se podrá utilizar como herramienta para la disminución del tiempo de entrega y así dar un mejor servicio al cliente.

CAPÍTULO VIII

VIII. Conclusión y recomendaciones

Para que las empresas retengan a sus clientes, es fundamental que cumplan con los compromisos no solo de calidad del producto, sino de oportunidad y cumplimiento en la entrega. Por ello, es importante conocer a través del proceso de planeación de la producción y las operaciones, cual es la fecha real, no solo como resultado de la intuición, sino en base a un conocimiento más exacto, que no esté afectado por aquellos factores psicológicos usuales por la carga de trabajo y la complejidad del mismo. El problema central presentado es la falta de un estándar de cálculo de los tiempos necesarios para la realización de los diferentes trabajos, no dependiendo de la expertise de la persona encargada de la programación.

El problema de atraso por la incorrecta asignación de los recursos en conjunto con el erróneo secuenciamiento de las tareas, se puede solucionar a partir de la utilización de los diferentes modelos de optimización existentes. Para implementación de estos es necesario tener conocimiento de la variable más importante dentro de un sistema de producción, el tiempo, por lo que este se convierte en el principal objetivo de esta memoria.

En el séptimo capítulo se logró el objetivo general del trabajo de investigación, la determinación de los tiempos de producción, esto se realizó a través de muestras representativas para conocer el comportamiento de los datos y luego representar esta relación a través de fórmulas. Pero no solo bastaba con identificar los diferentes tiempos sino que estos fueran de fácil acceso para el programador, por lo que se estructuró un formulario de programación que fuera capaz de poder entregar los resultados de acuerdo al tipo de trabajo solicitado con las especificaciones técnicas correspondientes. Este formulario será un sistema de apoyo a la toma de decisiones para estimar el tiempo mínimo de producción en una orden de vidrios.

Es decir, la posibilidad que una empresa cuente con un estudio de tiempos, no se limita a ser un mero proceso de control de actividades operativas, el mismo constituye un eje

importante en toda industria, pues ha de determinar que cada proceso no solo sea temporizado, sino que además se pueda con este encontrar en cada fase aquellos elementos que constituyen el avance o retroceso en los procesos de producción.

Por tanto aportar a una empresa con tal estudio, no solo tiene repercusiones en el área de producción sino es un punto clave en todo ese aparataje industrial, tanto así que induce a que se tomen decisiones de total trascendencia.

Por lo dicho anteriormente se recomienda a la empresa que no trate el tiempo como tema secundario, sino más bien como una fuente poderosa de información para la mejor toma de decisiones, por lo que notar los cambios en este y estandarizarlos debe ser una tarea primordial para la tarea de programar.

A través de los resultados obtenidos, es posible extender este estudio, realizando los siguientes pasos:

- Desarrollar un sistema de apoyo en un libro de cálculo de Excel, en donde se capturen datos tales como el número de vidrios de cada tipo que se solicite en la orden e información sobre su red de actividades (lista de operaciones) fundamentalmente los tiempos estándares de cada actividad, las relaciones de precedencia, y los recursos (máquinas) que se utilizan en cada actividad.
- Con base en esta información, el sistema construya la red de actividades necesaria para completar la producción de los vidrios de la orden tratando de minimizar el tiempo de ciclo, y considerando las restricciones de recursos disponibles.
- Con base en algoritmos para resolver el problema de programación de actividades con recursos limitados, es posible proponer una programación de recursos y actividades que trata de minimizar el tiempo de producción.

Anexos

Anexo 1: Resumen de Ventas

COMERCIAL DIALUM S.A				Pag. : 01
	<u>Ordenes de Producción</u>			Fecha : 12/03/2014
	<u>Resumen de Ventas</u>			Hora : 12:12
Desde : 01/01/2011				
Hasta : 31/12/2011				
	Grupo	Cant. Sol.	Mtl	Mt2
	01 TERMOPANELES	86.699	598.590,07	178.250,48
	02 TEMPLADO / CUBIERTAS	34.948	147.525,08	38.877,77
	03 LAMINADO DUALSAFE	23.377	182.017,34	95.162,24
		145.024	928.132,49	312.290,49

Figura A.1.1: Resumen de Ventas, año 2011.

Fuente: Comercial Dialum S.A.

COMERCIAL DIALUM S.A

Pag. : 01

Ordenes de Producción

Fecha : 12/03/2014

Resumen de Ventas

Hora : 12:45

Desde : 01/01/2012

Hasta : 31/12/2012

Grupo	Cant. Sol.	Mtl	Mt2
01 TERMOPANELES	100.379	586.845,04	202.806,56
02 TEMPLADO / CUBIERTAS	47.041	200.735,78	57.024,36
03 LAMINADO DUALSAFE	34.182	240.409,16	111.253,23
	181.602	1.027.989,98	371.084,15

Figura A.1.2: Resumen de Ventas, año 2012.**Fuente:** Comercial Dialum S.A.

COMERCIAL DIALUM S.A

Pag. : 01

Ordenes de Producción

Fecha : 12/03/2014

Resumen de Ventas

Hora : 13:34

Desde : 01/01/2013

Hasta : 31/12/2013

Grupo	Cant. Sol.	Mtl	Mt2
01 TERMOPANELES	107.266	638.329,77	226.870,81
02 TEMPLADO / CUBIERTAS	43.196	188.397,77	51.390,82
03 LAMINADO DUALSAFE	24.973	186.186,34	92.008,08
	175.435	1.012.913,88	370.269,71

Figura A.1.3: Resumen de Ventas, año 2013.**Fuente:** Comercial Dialum S.A.**Anexo 2:** Maquinarias utilizada en planta de Dialum S.A.**Figura A.2.1:** Máquina de corte.**Fuente:** www.lisec.com



Figura A.2.2: Máquina de Pulido en Rectilínea.
Fuente: www.intermac.com



Figura A.2.3: Máquina de Pulido en KSR.
Fuente: www.lisec.com



Figura A.2.4: Máquina de pintura.
Fuente: www.keraglass.com

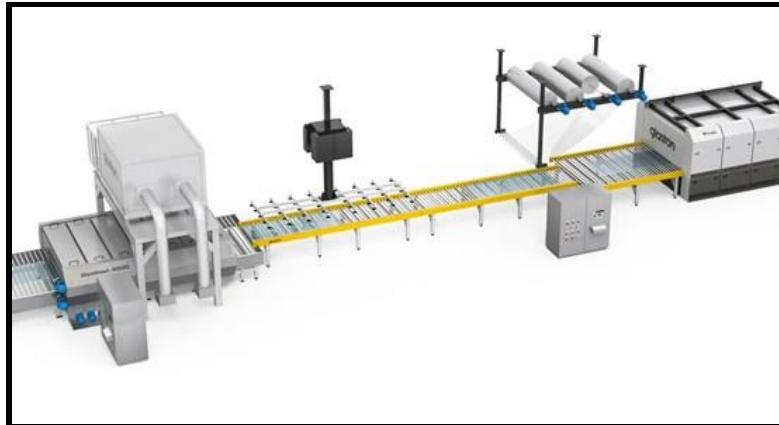


Figura A.2.5: Máquina de Laminado.
Fuente: www.glaston.net

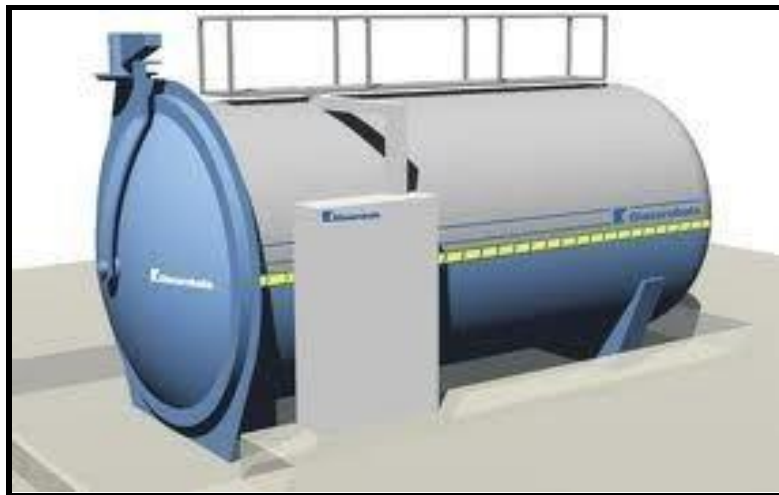


Figura A.2.6: Máquina de Autoclave.
Fuente: www.glaston.net



Figura A.2.7: Máquina Tamglass.
Fuente: www.glaston.net

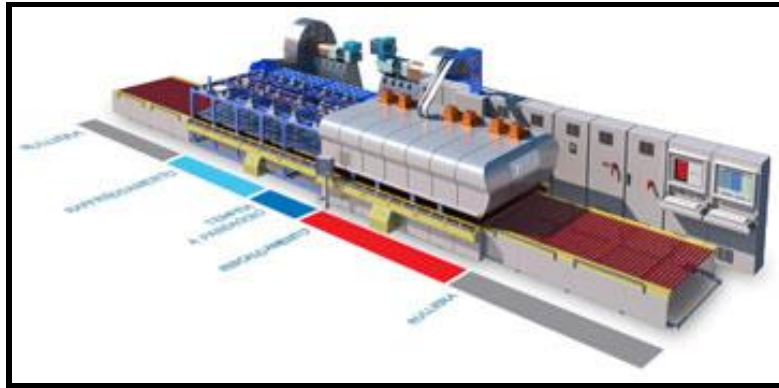


Figura A.2.8: Máquina Keraglass.
Fuente: www.keraglass.com




“Lavado y secado” - “Revisión y colocación de perfil metálico”

“Presión de vidrios con perfil metálico” - “Sellado automático”

Figura A.2.9: Máquina Termopanel.
Fuente: www.lise.com

Anexo 3: Documentos generados en el proceso de colocación de la orden de producción.




Tecnología de la Madera S.A.
 Fábrika de puertas y ventanas de Madera
 Dirección: Camino Interior El Guanaco N° 4778
 Huechuraba - Santiago - Chile
 Fono: (562) 2 495 7788 - Fono: (562) 2 740 0872

R.U.T.: 96.535.070 - 5
ORDEN DE COMPRA
 N° 000059314
 N° 0039314

Fecha: 26 -febrero-2014	Contact: PAULINA FERNANDE
Señor(es): COMERCIAL DIALUM S.A.	Comuna: LAMPA
Dirección: LAS ENCINAS N°1387 PAQUE IND.VALLE GRANDE	ciudad: SANTIAGO
R.U.T.: 77386240-0	Fono: 4988600 Fax: 4988677
Comprador: VERÓNICA MACHUCA	Sol. Compr: 0000028008 O.P.: 13614

Código	Descripción	U.M.	Cantidad	Precio	D/R1	D/R2	Total
	CRISTAL00 CRISTALES SEGÚN DETALLE ADJUNTO	UN		9,905			9,905

Glosa : CASA ARMAS


 V-R GERENCIA
 26-02

SUBTotal	9.905
Descuento	0
IVA	1.882
Total	11.787

Cond Pago: CREDITO 30 DIAS **Fecha Vto.:** 27-03-2014

ORIGINAL: CONTABILIDAD

Figura A.3.1: Orden de compra de empresa Tecma S.A.
 Fuente: Comercial Dialum S.A.



REGISTRO DE ORDEN DE COMPRA DE CRISTALES

CONIGO: R-200-11
 VERSION: 01
 FECHA: 1/28/1
 PAGINA

SILICONA SALCICHA		TOTAL CRISTALES		NETO	
FABRICA	CRPA	M2	ML	IVA 19 %	9.905
0	0	1	2.79	1.882	
				11.787	

TOTAL CRISTALES		TOTAL		TOTAL	
M2	ML	M2	ML	COSTO \$	LUGAR DE
0.35	2.79	0.35	2.79	9.905	Instalacion

ELEM	CANT	DESCRIPCION	TIPO CRISTAL	ESPEJOR	ESPACIADOR	ANCHO	ALTO	TOTAL	TOTAL	TOTAL	COSTO \$	LUGAR DE
		ELEMENTO	A	B	TIPO	mm	mm	M2	ML	CRISTALES	INSTALACION	
V12	1	Temperand	Inodoro	4	4	Alum 10 mm	1065	0.35	2.79	9.905	Fabrica	
CON GAS ARGON												

Documento Controlado - Reproducción prohibida sin previa autorización del Jefe de Aseguramiento de Calidad

Figura A.3.2: Continuación Orden de compra, detalle de lo solicitado por Tecma S.A.
 Fuente: Comercial Dialum S.A.

COMERCIAL DIALUM S.A.

ORDEN DE PRODUCCIÓN

Numero: 49872

Fecha: 20-12-2013

Rut: 77.074.550-0

Nombre: TEHMCO FAB. DE PRODUCC. DE PVC LTDA.

Destino: 0CB32

Lin	Tipo	Codigo	Detalle	Cantidad	ancho	alto	Mts2	Mtsl
1	V11	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,405	1,991	5,59	13,58
2	V14	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,405	1,989	5,59	13,58
3	V10	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,25	1,989	4,97	12,96
4	V6	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,229	1,984	4,88	12,85
5	V3	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,229	1,974	4,85	12,81
6	V4	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,18	1,987	4,69	12,67
7	V1	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	1,18	1,976	4,66	12,62
8	V13	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	0,87	1,989	3,46	11,44
9	V12	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	0,76	1,989	3,02	11,
10	V5	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	0,71	1,989	2,82	10,8
11	V2	07.01.001.02	TERMOP. INC 4-4MM	2,	0,71	1,979	2,81	10,76
Totales							47,34	135,07

Figura A.3.3: Resumen de Orden de producción.

Fuente: Comercial Dialum S.A.

COMERCIAL DIALUM S.A		Orden de Producción Termopaneles N° 75272-2				Fecha : 20/05/2014			
FC 7.24						Boza : 12167			
						Pag. : 01			
Cliente : 78,080,394-S VENTE KD MONTAJE S S.A.		Fecha de Entrega : 05/08/2014				Pre-imp. : 100001			
Fecha de ingreso : 28/05/2014		Despachada : AV. VICTORIA MACKENNA 3939 ACCESO CALLE PIÑAR				N. Venta : 93821 28/05/2014			
Obj. : UNIVERSIDAD FEDERICO SANTA MARIA						C. Compes : 1237			
		Límite de cristal		Separador					
Cantidad	Año	Orbita Nº1	Cristal Nº2	Color	Esp. Ido	Pillaje	Proceso		
Termopanelos									
TERMOP. INC 6-800	001	1	1440	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y125
TERMOP. INC 6-800	002	1	1440	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y128
TERMOP. INC 6-800	003	1	1440	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y13 0
TERMOP. INC 6-800	004	1	1440	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y13 0
TERMOP. INC 6-800	005	1	1440	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y13 0
TERMOP. INC 6-800	006	1	1440	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y13 0
TERMOP. INC 6-800	007	1	1435	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y128
TERMOP. INC 6-800	008	1	1437	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y13 0
TERMOP. INC 6-800	009	1	1437	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y13 0
TERMOP. INC 6-800	010	1	1413	002	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y128
TERMOP. INC 6-800	011	1	1413	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y125
TERMOP. INC 6-800	012	1	1412	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y128
TERMOP. INC 6-800	013	1	1413	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y125
TERMOP. INC 6-800	014	1	1412	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y128
TERMOP. INC 6-800	015	1	1402	000	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y12N P3-6
TERMOP. INC 6-800	016	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14P P3-6
TERMOP. INC 6-800	017	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14P P2-0
TERMOP. INC 6-800	018	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14P P2-0
TERMOP. INC 6-800	019	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14P P2-6
TERMOP. INC 6-800	020	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14 P3-5
TERMOP. INC 6-800	021	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14 P3-8
TERMOP. INC 6-800	022	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14 P3-7
TERMOP. INC 6-800	023	1	1396	005	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y14 P3-8
TERMOP. INC 6-800	024	1	1383	002	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y12N
TERMOP. INC 6-800	025	1	1382	002	INCOLORO 5MM	INCOLORO 5MM	MAT 7.00 SLICONA	PULIDO HSR C-1 y C-2	Y130
PARAMETROS DEER VALDES									

Figura A.3.4: Orden de producción (OP), ejemplo termopanel.
Fuente: Comercial Dialum S.A.

GPS.opt 7.52 - OPTIMIZACION DEL CORTE			
Fecha de produccion		05/03/2014	
Fecha de la optimizacion		05/03/2014	
Tipo de vidrio	:	SUNGUARDSN62	
Nr. de optimizacion	:	3836	
Cantidad de hojas de almacen	:	9	
Cantidad de modelo de hojas	:	9	
Merma de optimizacion en %	:	8.39 (9.62)	
Merma desbord. % / m2	:	0.32 / 0.52	
Superficie vidrio bruta en m2 ..	:	145.88	
Superficie vidrio neta en m2 ...	:	133.17	
Medida de la hoja restante(AN*AL:	:	454.0 * 3210.0	
Bordes de tronzado definidos	:	18(Front) 0(Infer.) 0(Sup.) 0(Tras.)	
Dimensiones de almacen utilizado:	:	9 Uni.5100.0 * 3210.0	
PARAMETROS DE OPTIMIZACION			
Optimizacion en pares(0=No)	:	0	
Cortes-Z (0=Sup., 1=Tras.) ...	:	0	
Cortes-Z (=derech, 1=izda.) ..	:	0	
Reduccion para protecc.canto mm	:	0.0	
Aumento para canteado mm	:	0.0	
Distancia min.tronzad mm	:	18.0	
Ancho minimo de travera mm	:	0.0	
Ancho maximo de travera mm	:	3700.0	

Figura A.3.5: Optimización de vidrio (PPO), sólo para estación de trabajo de corte.

Fuente: Comercial Dialum S.A.

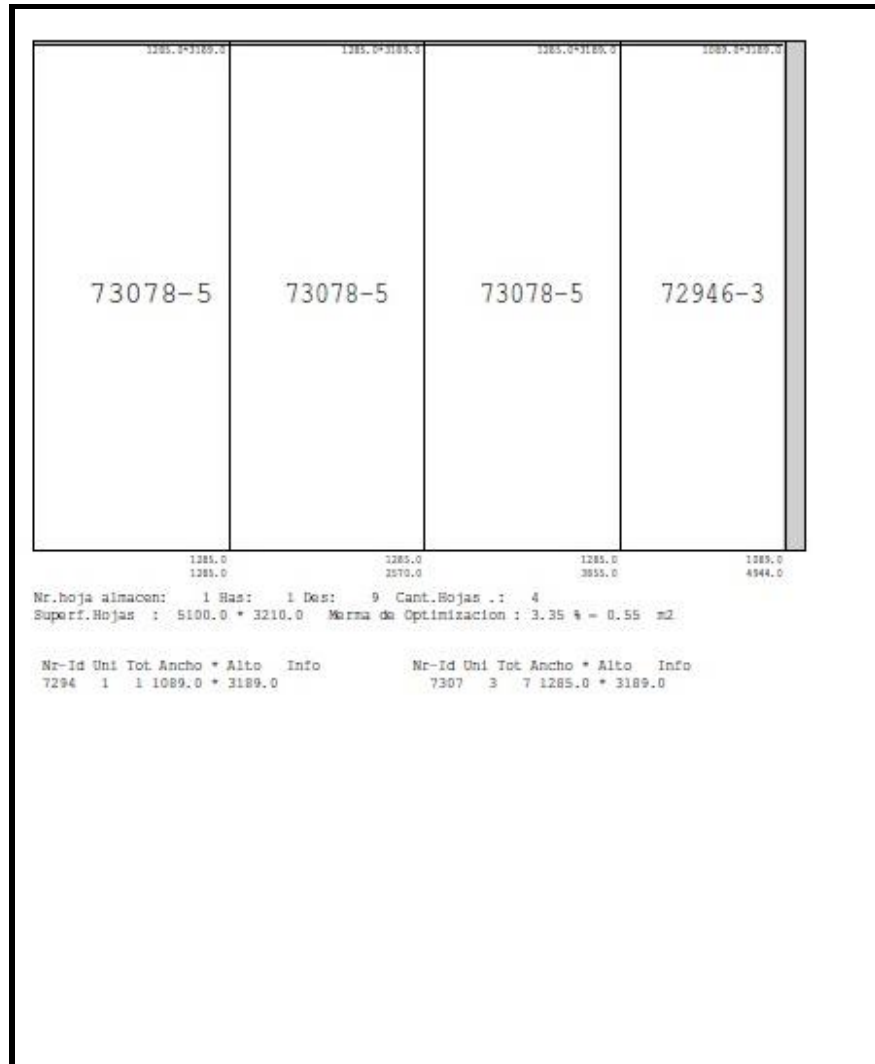


Figura A.3.6: Continuación de PPO.
Fuente: Comercial Dialum S.A.



Figura A.3.7: Etiqueta que se pone en cada vidrio del lote.
Fuente: Comercial Dialum S.A.

Comercial Dialum S.A.	
Listado de codigos de destino	
0 = Corte	A = Pulido
1 = Modulos	B = Templado
2 = Despacho	C = Canto Botado
3 = Termopanel	D = Borrar Borde
4 = Termoendurecido	E = Desplazado
5 = Laminado	Amolado
6 = Esmenado	1mm. a cr. 3-4-5-6-8-10-12
7 = Sengrafado	4mm. a cr. 16-19
8 = Mecanizado	0,5mm. a brillo
	Intermac 10 mm

Figura A.3.8: Listado de códigos de destino.

Fuente: Comercial Dialum S.A.

Anexo 4: Datos obtenidos en la toma de muestras en las distintas estaciones de trabajo.

Tabla A.4.1: Toma de muestras "Corte simple" en mesa 1 y 2

Toma de muestra en estación de trabajo CORTE "Corte simple" Mesa 1 y 2

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo	N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo	N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo	N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	12,11	1,921	1	13,14	2,161	1	15,07	2,377	1	19,24	2,821
2	12,67	1,971	2	13,52	2,198	2	15,47	2,404	2	19,78	2,896
3	12,52	1,950	3	13,69	2,217	3	15,05	2,377	3	19,64	2,868
4	12,78	1,981	4	13,34	2,177	4	15,55	2,412	4	20,08	2,914
5	12,33	1,933	5	13,53	2,203	5	15,33	2,4	5	19,88	2,901
6	12,56	1,943	6	13,54	2,198	6	15,34	2,397	6	19,44	2,951
7	12,62	1,951	7	13,73	2,221	7	15,73	2,425	7	20,03	2,914
8	12,69	1,961	8	13,66	2,213	8	15,41	2,403	8	20,11	2,914
9	12,67	1,960	9	13,81	2,228	9	15,32	2,399	9	19,91	2,905
10	12,44	1,938	10	13,33	2,177	10	15,68	2,418	10	20,21	2,924
11	12,44	1,938	11	13,56	2,201	11	15,12	2,388			
12	12,41	1,935	12	13,63	2,196						
PROMEDIO	12,52	1,95	PROMEDIO	13,54	2,2	PROMEDIO	15,57	2,4	PROMEDIO	19,83	2,9

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo	N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	23,97	3,437	1	27,14	3,855
2	23,13	3,348	2	26,97	3,833
3	23,54	3,392	3	26,73	3,776
4	23,61	3,403	4	26,82	3,793
5	23,56	3,399	5	26,44	3,736
6	23,59	3,4			
7	23,87	3,421			
PROMEDIO	23,61	3,4	PROMEDIO	26,82	3,8

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	30	4,09
2	30	4,1
3	30	4,11
PROMEDIO	30	4,1

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.2: Toma de muestra "Corte simple" en mesa KSR

Toma de muestra en estación de trabajo CORTE "Corte simple" Mesa KSR

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	11,73	2,077
2	11,62	2,064
3	12,49	2,139
4	11,87	2,081
5	11,84	2,081
6	12,41	2,139
7	12,21	2,119
8	12,17	2,113
9	12,04	2,103
10	11,41	2,041
11	11,67	2,064
12	12,09	2,107
13	12,55	2,157
PROMEDIO	12,01	2,1

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	13,81	2,184
2	14,13	2,215
3	14,24	2,227
4	13,77	2,181
5	14,01	2,2
6	14,37	2,241
7	14,61	2,256
8	14,04	2,199
9	13,98	2,198
10	14,08	2,207
11	14,03	2,197
12	13,67	2,157
13	13,61	2,157
14	14,15	2,215
15	14,41	2,232
16	13,73	2,181
PROMEDIO	14,04	2,2

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	16,98	2,554
2	17,02	2,56
3	17,09	2,563
4	17,15	2,57
5	16,87	2,553
6	17,03	2,559
7	17,03	2,56
8	16,91	2,553
9	17,1	2,568
PROMEDIO	17,02	2,56

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	20,87	3,23
2	21,11	3,257
3	21,15	3,258
4	20,81	3,227
5	21,06	3,25
6	21,36	3,274
7	21,37	3,273
8	20,91	3,233
9	21,08	3,251
PROMEDIO	21,08	3,25

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	22,87	3,771
2	22,99	3,798
3	23,05	3,801
4	23,01	3,799
5	23,35	3,846
6	23,21	3,831
7	22,88	3,791
8	23,43	3,85
9	22,66	3,757
PROMEDIO	23,05	3,8

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	25,74	4,131
2	25,34	4,101
3	25,6	4,115
4	25,69	4,126
5	25,66	4,121
6	25,93	4,155
PROMEDIO	25,66	4,12

N° de muestra	Mtl por plancha	Tiempo
1	29	4,301
2	28,93	4,284
3	29,04	4,313
4	29,11	4,326
PROMEDIO	29	4,3

Fuente: Elaboración propio.

Tablas A.4.3: Toma de muestra “Corte con borrado” en mesa 1 y 2.

Toma de muestra en estación de trabajo CORTE "Corte con borrado" Mesa 1 y 2

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	11,88	1,191
2	11,34	1,127
3	11,51	1,149
4	11,78	1,179
5	11,03	1,101
6	11,62	1,159
7	11,81	1,185
8	11,5	1,151
9	11,42	1,139
10	11,21	1,119
PROMEDIO	11,51	1,15

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	13,52	2,583
2	13,34	2,577
3	13,98	2,618
4	13,82	2,608
5	13,69	2,587
6	13,77	2,597
7	13,75	2,598
8	13,91	2,616
9	13,97	2,619
PROMEDIO	13,75	2,6

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	15,46	2,8
2	15,47	2,8
3	15,03	2,774
4	15,55	2,809
5	15,67	2,821
6	15,58	2,81
7	15,73	2,833
8	15,41	2,793
9	15,42	2,793
10	15,68	2,822
11	15,07	2,775
12	15,45	2,797
PROMEDIO	15,46	2,8

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	19,24	3,458
2	18,74	3,387
3	18,64	3,376
4	19,02	3,411
5	19,08	3,417
6	18,9	3,398
7	18,98	3,403
8	18,56	3,361
9	18,91	3,398
10	18,87	3,394
11	18,91	3,4
12	18,89	3,397
PROMEDIO	18,90	3,4

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	22,97	4,221
2	23,05	4,237
3	22,54	4,169
4	22,87	4,201
5	22,85	4,2
6	22,76	4,191
7	22,84	4,199
PROMEDIO	22,84	4,2

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	26,07	5,107
2	26,01	5,105
3	26,11	5,11
4	26,01	5,103
5	25,97	5,098
6	25,89	5,077
PROMEDIO	26,01	5,1

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	30	5,91
2	30	5,91
3	30	5,9
4	30	5,88
PROMEDIO	30	5,9

Fuente: Elaboración propio.

Tablas A.4.4: Toma de muestra “Corte con borrado” en mesa KSR.

Toma de muestra en estación de trabajo CORTE "Corte con borrado" Mesa KSR

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	10,11	2,451
2	10,12	2,451
3	10,09	2,445
4	10,25	2,476
5	10,03	2,423
6	10,12	2,454
PROMEDIO	10,12	2,45

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	14,24	3,307
2	14,13	3,294
3	14,42	3,322
4	14,76	3,357
5	14,01	3,287
6	14,39	3,32
7	14,61	3,343
8	14,4	3,322
9	14,64	3,344
PROMEDIO	14,4	3,32

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	24,01	6,423
2	24,32	6,451
3	24,59	6,484
4	24,34	6,455
5	24,25	6,437
PROMEDIO	24,3	6,45

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	21,87	5,257
2	21,99	5,278
3	21,7	5,232
4	21,14	5,128
5	21,63	5,225
6	21,69	5,23
7	21,88	5,26
PROMEDIO	21,70	5,23

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	15,98	4,008
2	16,02	4,01
3	15,97	4,007
4	16,15	4,022
5	15,87	3,999
6	16	4,01
7	16,24	4,038
8	16,17	4,027
9	15,73	3,985
10	16,03	4,012
11	16,03	4,012
12	15,71	3,981
13	16,1	4,019
PROMEDIO	16	4,01

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	17,62	4,617
2	17,11	4,559
3	17,15	4,561
4	17,51	4,601
5	17,3	4,58
6	17,27	4,577
7	17,47	4,596
8	17,31	4,58
9	17,36	4,588
10	17,37	4,588
11	17,09	4,557
12	17,08	4,556
PROMEDIO	17,3	4,58

N° de muestra	Mil por plancha	Tiempo
1	30	7,451
2	30	7,451
3	30	7,45
PROMEDIO	30	7,45

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.5: Toma de muestra ‘Corte laminado’ en mesa 2, para espesor Carrocero al 44.2.

Toma de muestra en estación de trabajo CORTE "Corte laminado" Mesa 2

Tipo de espesor: Carrocero - 44.2

Nº de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	2	2,73
2	2	2,71
3	2	2,69
4	2	2,68
PROMEDIO	2	2,7

Nº de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	5	6,16
2	5	6,11
3	5	6,09
4	5	6,09
5	5	6,1
6	5	6,1
PROMEDIO	5	6,1

Nº de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	13	14,52
2	13	14,68
3	13	14,56
4	13	14,5
5	13	14,51
6	13	14,5
PROMEDIO	13	14,5

Nº de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	20	22,07
2	20	22,01
3	20	22
PROMEDIO	20	22

Nº de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	15	16,17
2	15	16,04
3	15	15,99
4	15	16,02
5	15	16,01
PROMEDIO	15	16

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.6: Toma de muestra "Corte laminado" en mesa 2, para espesor 44,4 al 66,1.

Tipo de espesor: 44,4 - 66,1

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	2	4,75
2	2	4,69
3	2	4,67
4	2	4,71
5	2	4,71
6	2	4,69
PROMEDIO	2	4,7

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	3	5,55
2	3	5,59
3	3	5,63
4	3	5,61
5	3	5,6
PROMEDIO	3	5,6

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	6	9,03
2	6	9,07
3	6	9,14
4	6	9,11
5	6	9,08
6	6	9,12
7	6	9,12
PROMEDIO	6	9,1

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	9	11,84
2	9	11,88
3	9	11,93
4	9	11,91
5	9	11,91
6	9	11,9
7	9	11,91
PROMEDIO	9	11,9

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	13	16,57
2	13	16,6
3	13	16,6
4	13	16,65
5	13	16,59
PROMEDIO	13	16,6

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	15	18,3
2	15	18,3
3	15	18,31
PROMEDIO	15	18,3

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.7: Toma de muestra ‘‘Corte laminado’’ en mesa 2, para espesor 66,2 al 88,1

Tipo de espesor: 66,2 - 88,1

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	3	7,73
2	3	7,71
3	3	7,69
4	3	7,7
PROMEDIO	3	7,7

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	5	9,33
2	5	9,3
3	5	9,3
4	5	9,3
PROMEDIO	5	9,3

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	10	15,6
2	10	15,65
3	10	15,61
4	10	15,6
PROMEDIO	10	15,6

N° de muestra	Piezas por plancha	Tiempo
1	12	17,23
2	12	17,21
3	12	17,28
4	12	17,21
5	12	17,2
PROMEDIO	12	17,2

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.8: Toma de muestra "laminado".

Toma de muestra en estación de trabajo LAMINADO

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	6	2,59
2	6	2,51
3	6	2,52
4	6	2,5
5	6	2,51
6	6	2,51
7	6	2,54
8	6	2,5
9	6	2,5
10	6	2,52
11	6	2,51
12	6	2,5
PROMEDIO	6	2,5

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	8	3,69
2	8	3,71
3	8	3,73
4	8	3,71
5	8	3,71
6	8	3,7
7	8	3,71
PROMEDIO	8	3,7

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	10	4,3
2	10	4,3
3	10	4,32
4	10	4,31
PROMEDIO	10	4,3

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	12	5,24
2	12	5,21
3	12	5,2
PROMEDIO	12	5,2

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	16	6,13
2	16	6,11
3	16	6,1
PROMEDIO	16	6,1

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.9: Toma de muestra “termopanel” .

Toma de muestra en estación de trabajo TERMOPANEL

Nº de muestra	Mis ² por termopanel	Tiempo
1	0,74	0,97
2	0,72	0,97
3	0,83	1,03
4	0,85	1,04
5	0,8	1,02
6	0,8	1,02
7	0,78	1
8	0,81	1,02
9	0,83	1,03
PROMEDIO	0,8	1,0

Nº de muestra	Mis ² por termopanel	Tiempo
1	1,86	1,27
2	1,95	1,33
3	1,9	1,3
4	1,91	1,3
5	1,89	1,3
6	1,92	1,32
7	1,89	1,29
PROMEDIO	1,9	1,3

Nº de muestra	Mis ² por termopanel	Tiempo
1	3,36	2,37
2	3,47	2,47
3	3,4	2,4
4	3,45	2,46
5	3,41	2,41
6	3,4	2,41
7	3,38	2,38
8	3,42	2,41
PROMEDIO	3,4	2,4

Nº de muestra	Mis ² por termopanel	Tiempo
1	5,38	3,64
2	5,13	3,47
3	5,17	3,53
4	5,35	3,62
5	5,17	3,53
6	5,2	3,6
PROMEDIO	5,2	3,6

Nº de muestra	Mis ² por termopanel	Tiempo
1	6,31	5,22
2	6,62	5,34
3	6,7	5,41
4	6,78	5,5
5	6,91	5,63
PROMEDIO	6,7	5,4

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.10: Toma de muestra “templado” en Horno Keraglass.

Toma de muestra en estación de trabajo HORNO

Máquina: Keraglass

Tratamiento: Templado

Nº de muestra	Espesor	Tiempo	Nº de muestra	Espesor	Tiempo	Nº de muestra	Espesor	Tiempo	Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	4	3,12	1	6	3,67	1	8	4,41	1	10	5,98
2	4	3,12	2	6	3,67	2	8	4,46	2	10	5,95
3	4	3,15	3	6	3,69	3	8	4,45	3	10	6,01
4	4	3,11	4	6	3,69	4	8	4,45	4	10	6,01
5	4	3,1	5	6	3,63	5	8	4,47	5	10	5,98
6	4	3,11	6	6	3,67	6	8	4,49	6	10	5,97
7	4	3,17	7	6	3,65	7	8	4,46	PROMEDIO	10	5,98
8	4	3,12	8	6	3,67	8	8	4,45			
9	4	3,12	9	6	3,67	8	8	4,45			
PROMEDIO	4	3,12	PROMEDIO	6	3,67	PROMEDIO	8	4,46			

Nº de muestra	Espesor	Tiempo	Nº de muestra	Espesor	Tiempo	Nº de muestra	Espesor	Tiempo	Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	12	7,14	1	12	7,14	1	16	9,87	1	19	12,58
2	12	7,1	2	12	7,1	2	16	9,9	2	19	12,54
3	12	7,1	3	12	7,1	3	16	9,85	3	19	12,51
4	12	7,12	4	12	7,12	PROMEDIO	16	9,87	4	19	12,54
5	12	7,12	5	12	7,12						
PROMEDIO	12	7,12	PROMEDIO	12	7,12	PROMEDIO	19	12,54			

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.11: Toma de muestra “termoendurecido” en Horno Keraglass.

Máquina: Keraglass

Tratamiento: HS

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	4	3,19
2	4	3,23
3	4	3,23
4	4	3,33
5	4	3,26
6	4	3,21
7	4	3,23
8	4	3,19
PROMEDIO	4	3,23

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	6	3,52
2	6	3,56
3	6	3,61
4	6	3,56
5	6	3,49
6	6	3,52
7	6	3,55
8	6	3,59
9	6	3,6
10	6	3,56
11	6	3,56
PROMEDIO	6	3,56

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	8	4,28
2	8	4,21
3	8	4,19
4	8	4,25
5	8	4,23
6	8	4,23
PROMEDIO	8	4,23

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.12: Toma de muestra “templado” en Horno Tamglass.

Máquina: Tamglass
 Tratamiento: Templado

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	4	1,93
2	4	1,99
3	4	2,01
4	4	1,98
5	4	1,98
6	4	1,97
7	4	1,97
8	4	1,98
9	4	1,98
10	4	1,95
11	4	1,99
12	4	1,98
PROMEDIO	4	1,98

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	6	2,05
2	6	2,03
3	6	1,99
4	6	2,01
5	6	2,01
6	6	2,02
7	6	2,09
8	6	2,02
9	6	2,04
10	6	2,01
11	6	2,02
12	6	2,01
PROMEDIO	6	2,03

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	10	2,57
2	10	2,56
3	10	2,52
4	10	2,57
5	10	2,56
6	10	2,58
7	10	2,56
PROMEDIO	10	2,56

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	12	2,96
2	12	2,99
3	12	2,99
4	12	2,98
5	12	3
6	12	2,98
7	12	2,98
8	12	2,97
PROMEDIO	12	2,98

Fuente: Elaboración propia

Tablas A.4.13: Toma de muestra ‘‘termoendurecido’’ en Horno Tanglass.

Máquina: Tanglass
Tratamiento: HS

Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	4	2,16
2	4	2,14
3	4	2,19
4	4	2,17
5	4	2,16
6	4	2,15
7	4	2,17
8	4	2,16
PROMEDIO	4	2,16

Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	6	2,45
2	6	2,43
3	6	2,43
4	6	2,47
5	6	2,46
6	6	2,45
7	6	2,45
8	6	2,46
9	6	2,5
10	6	2,44
PROMEDIO	6	2,45

Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	10	2,67
2	10	2,66
3	10	2,67
4	10	2,69
5	10	2,68
PROMEDIO	10	2,67

Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	12	2,97
2	12	2,98
3	12	2,98
PROMEDIO	12	2,98

Fuente: Elaboración propia.

Tablas A.4.14: Toma de muestra "pulido opaco" en pulido Rectilínea.

Toma de muestra en estación de trabajo PULIDO

Máquina: Rectilínea

Tipo de pulido: Pulido Opaco

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,51	1,67
2	0,43	1,62
3	0,5	1,67
4	0,54	1,75
5	0,48	1,66
6	0,47	1,64
7	0,51	1,67
8	0,49	1,66
9	0,47	1,65
PROMEDIO	0,5	1,67

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,97	2,09
2	1,01	2,12
3	1,09	2,22
4	0,99	2,11
5	1,02	2,12
6	0,98	2,09
7	1	2,12
PROMEDIO	1,0	2,12

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,47	2,68
2	1,43	2,65
3	1,51	2,71
4	1,56	2,77
5	1,5	2,7
6	1,48	2,68
7	1,51	2,7
8	1,5	2,7
PROMEDIO	1,5	2,7

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	2,01	3,01
2	1,98	3
3	2,01	3,02
4	2	3,01
5	2	3,02
6	1,95	2,96
7	2,05	3,06
8	2,12	3,11
9	2,01	3,03
PROMEDIO	2,0	3,02

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,47	3,4
2	2,51	3,47
3	2,46	3,4
4	2,5	3,43
5	2,51	3,43
PROMEDIO	2,5	3,43

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	3	3,59
2	2,87	3,49
3	2,99	3,58
4	2,96	3,53
5	3	3,59
PROMEDIO	3,0	3,56

Fuente: Elaboración propia.

Tablas A.4.15: Toma de muestra “pulido brillante” en pulido Rectilínea.

Máquina: Rectilínea

Tipo de pulido: Pulido Brillante

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,52	2,26
2	0,42	2,18
3	0,49	2,23
4	0,55	2,29
5	0,49	2,24
6	0,46	2,2
7	0,5	2,23
8	0,5	2,23
9	0,48	2,21
PROMEDIO	0,5	2,23

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,98	2,65
2	1	2,67
3	1,1	2,73
4	0,98	2,64
5	1,03	2,7
6	0,97	2,64
7	1,01	2,67
PROMEDIO	1,0	2,67

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,48	3,21
2	1,42	3,17
3	1,52	3,26
4	1,55	3,28
5	1,51	3,23
6	1,47	3,2
PROMEDIO	1,5	3,23

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	2,02	3,55
2	1,97	3,52
3	2,02	3,55
4	1,99	3,53
5	2,01	3,54
6	1,94	3,49
7	2,06	3,58
8	2,11	3,6
9	2	3,54
PROMEDIO	2,0	3,54

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,48	4,29
2	2,5	4,32
3	2,47	4,27
4	2,49	4,3
5	2,5	4,3
PROMEDIO	2,5	4,3

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,99	4,83
2	2,88	4,69
3	3	4,83
4	2,95	4,78
PROMEDIO	3,0	4,78

Fuente: Elaboración propia.

Tablas A.4.16: Toma de muestra 'pulido opaco' en pulido bilateral.

Máquina: Bilateral

Tipo de pulido: Pulido Opaco

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,53	1,26
2	0,41	1,13
3	0,5	1,23
4	0,54	1,27
5	0,5	1,23
6	0,53	1,26
7	0,57	1,3
8	0,43	1,17
9	0,5	1,23
10	0,45	1,2
11	0,51	1,23
12	0,49	1,22
13	0,47	1,2
PROMEDIO	0,5	1,23

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,99	1,29
2	0,99	1,29
3	1,11	1,37
4	0,97	1,28
5	1,04	1,35
6	1	1,3
7	1,01	1,3
8	0,96	1,28
9	1,02	1,31
PROMEDIO	1,0	1,3

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,49	1,65
2	1,41	1,6
3	1,53	1,68
4	1,54	1,68
5	1,43	1,6
6	1,47	1,63
7	1,56	1,7
8	1,5	1,65
9	1,48	1,64
PROMEDIO	1,5	1,65

Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	2,03	1,77
2	1,96	1,73
3	2,03	1,77
4	2	1,76
5	2	1,77
6	1,95	1,73
7	2,05	1,79
8	2,12	1,8
9	1,99	1,76
PROMEDIO	2,0	1,76

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,49	2,23
2	2,49	2,23
3	2,48	2,21
4	2,5	2,24
PROMEDIO	2,5	2,23

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	3	2,48
2	2,87	2,4
3	2,99	2,48
4	2,96	2,45
PROMEDIO	3,0	2,45

Fuente: Elaboración propia.

Tablas A.4.17: Toma de muestra "pulido brillante" en máquina pulido bilateral.

Máquina: Bilateral

Tipo de pulido: Pulido Brillante

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,54	1,49
2	0,47	1,44
3	0,51	1,46
4	0,53	1,49
5	0,5	1,46
6	0,54	1,49
7	0,56	1,53
8	0,44	1,41
9	0,5	1,46
10	0,44	1,41
PROMEDIO	0,5	1,46

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1	1,78
2	0,98	1,75
3	1,1	1,91
4	0,98	1,76
5	1,03	1,79
6	1,01	1,78
7	1	1,78
8	0,97	1,74
9	0,96	1,74
10	0,97	1,74
11	1	1,78
PROMEDIO	1,0	1,78

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,5	2,35
2	1,4	2,25
3	1,54	2,39
4	1,53	2,39
5	1,44	2,31
6	1,46	2,32
7	1,55	2,41
8	1,49	2,35
9	1,49	2,34
PROMEDIO	1,5	2,35

Nº de muestra	Espesor	Tiempo
1	2,04	2,49
2	1,95	2,4
3	2,04	2,48
4	1,99	2,45
5	2,01	2,46
6	1,94	2,41
7	2,06	2,5
8	2	2,45
9	1,98	2,43
PROMEDIO	2,0	2,45

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,5	3,01
2	2,48	2,99
3	2,47	2,99
4	2,51	3,03
5	2,5	3,01
PROMEDIO	2,5	3,01

Nº de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	3	3,6
2	2,89	3,48
3	3	3,59
4	2,97	3,56
PROMEDIO	3,0	3,56

Fuente: Elaboración propia.

Tablas A4.18: Toma de muestra ‘pulido opaco’ en máquina perforado y pulido.

Máquina: Perforado y pulido
 Tipo de pulido: Pulido Opaco

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,55	1,08
2	0,46	0,98
3	0,52	1,05
4	0,52	1,06
5	0,51	1,02
6	0,53	1,06
7	0,57	1,09
8	0,45	0,96
9	0,49	1,02
10	0,5	1,02
PROMEDIO	0,5	1,03

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,01	1,23
2	0,97	1,18
3	1,09	1,27
4	0,99	1,21
5	1,04	1,23
6	1	1,21
7	1	1,21
8	0,96	1,18
9	0,95	1,17
10	0,98	1,2
11	1	1,21
PROMEDIO	1,0	1,21

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,51	1,44
2	1,41	1,37
3	1,53	1,47
4	1,52	1,45
5	1,45	1,4
6	1,45	1,41
7	1,5	1,44
PROMEDIO	1,5	1,43

N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	2,05	1,59
2	1,94	1,52
3	2,05	1,6
4	2	1,55
5	2	1,55
6	1,95	1,51
PROMEDIO	2,0	1,55

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,5	1,91
2	2,48	1,88
3	2,47	1,88
PROMEDIO	2,5	1,89

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	3	2,05
2	2,9	1,96
3	2,98	2,02
4	2,96	2,01
PROMEDIO	3,0	2,01

Fuente: Elaboración propia.

Tablas A.4.19: Toma de muestra "pulido brillante" en máquina perforado y pulido.

Máquina: Perforado y pulido

Tipo de pulido: Pulido Brillante

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	0,56	1,57
2	0,45	1,46
3	0,53	1,55
4	0,51	1,53
5	0,5	1,53
6	0,54	1,56
7	0,56	1,58
8	0,46	1,49
9	0,5	1,53
10	0,5	1,53
PROMEDIO	0,5	1,53

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,02	1,67
2	0,98	1,64
3	1,1	1,7
4	1	1,65
5	1,03	1,67
6	0,99	1,65
7	1	1,65
8	0,95	1,6
PROMEDIO	1,0	1,65

N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	1,52	1,86
2	1,4	1,74
3	1,54	1,91
4	1,51	1,83
5	1,46	1,78
6	1,5	1,83
7	1,53	1,89
8	1,46	1,78
9	1,49	1,81
PROMEDIO	1,5	1,83

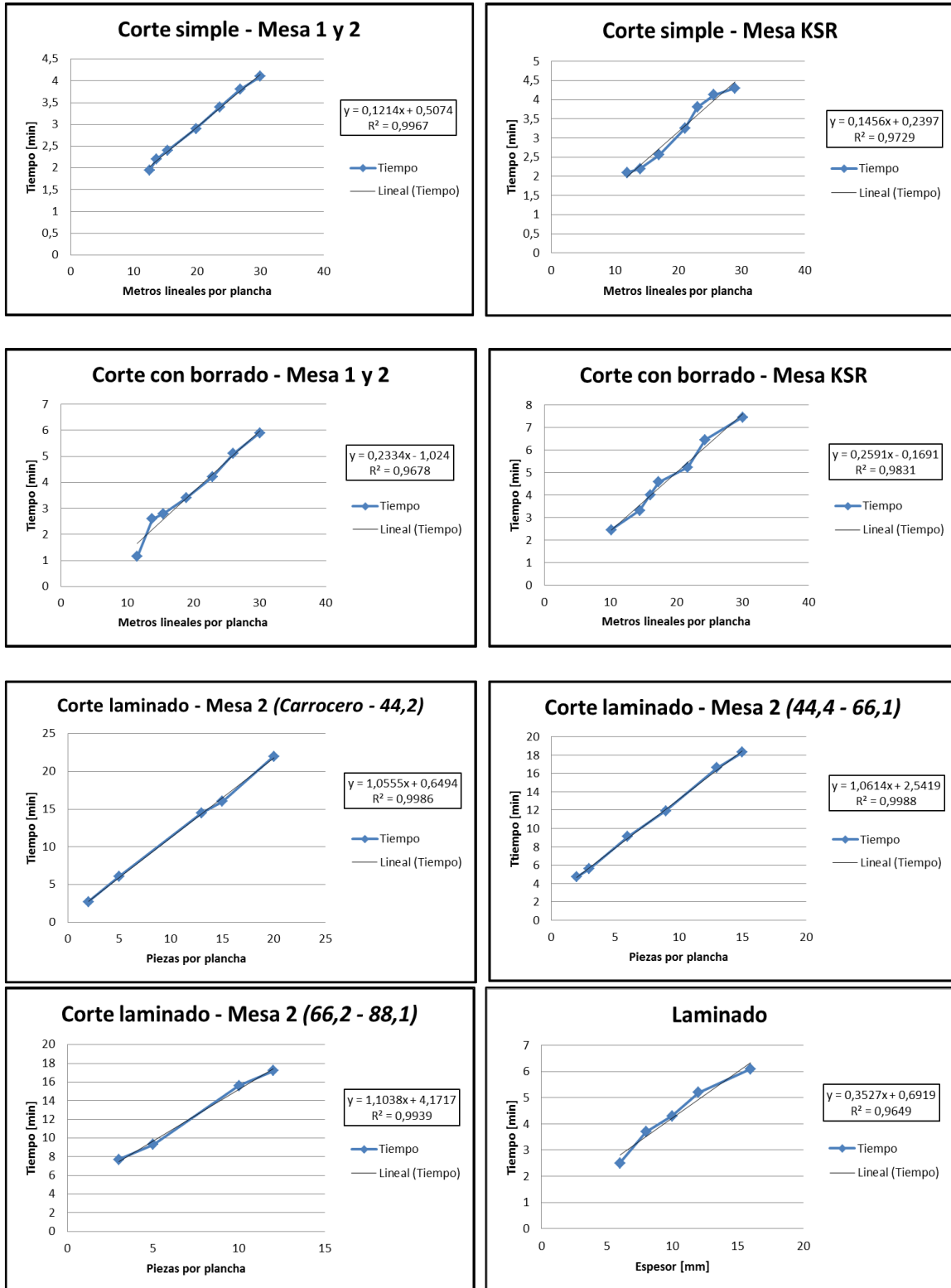
N° de muestra	Espesor	Tiempo
1	2,06	1,83
2	1,93	1,7
3	2,04	1,79
4	2,01	1,76
5	2	1,76
6	1,96	1,72
PROMEDIO	2,0	1,76

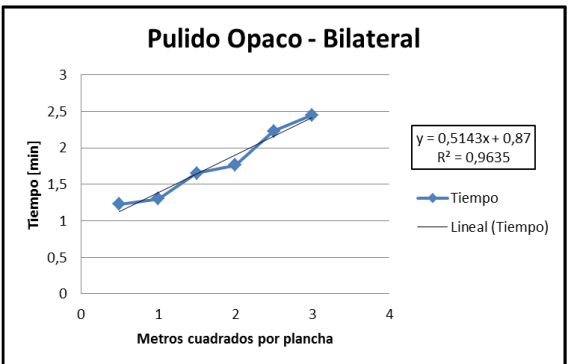
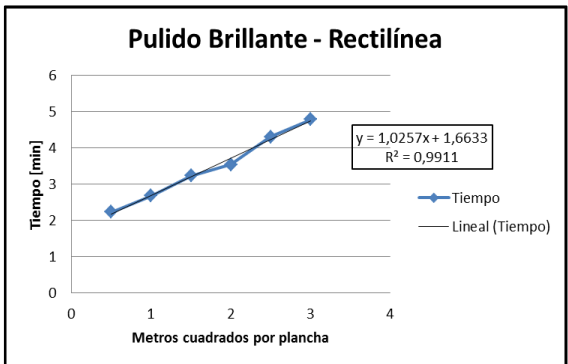
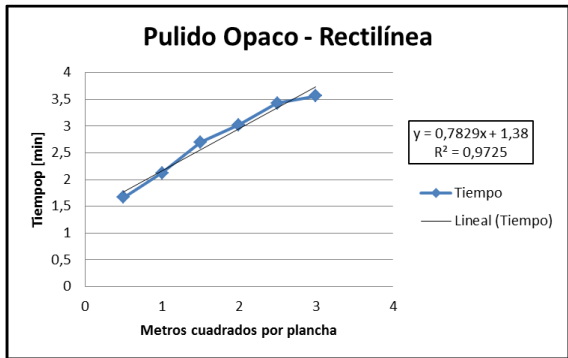
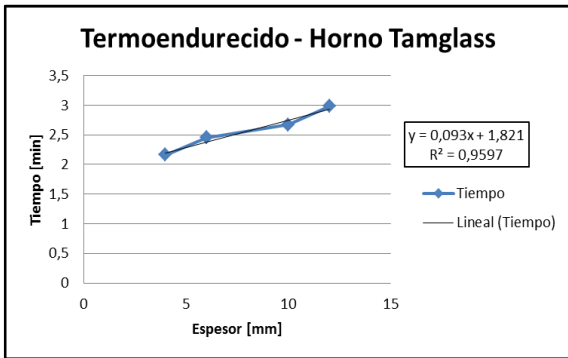
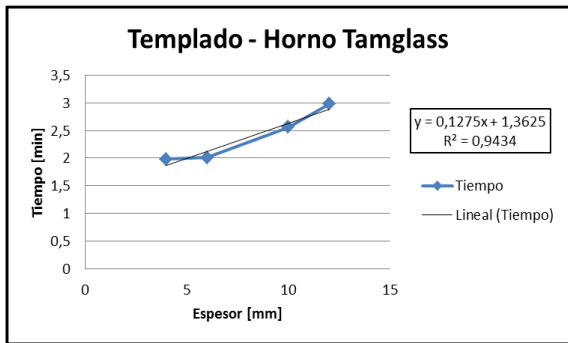
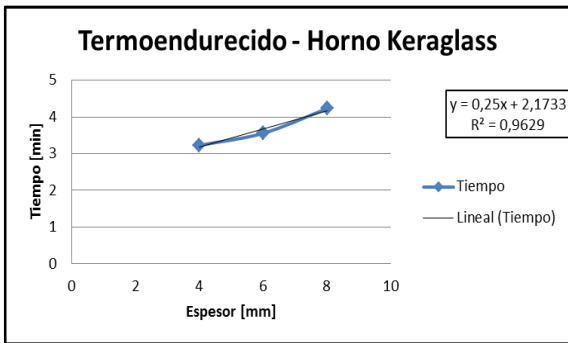
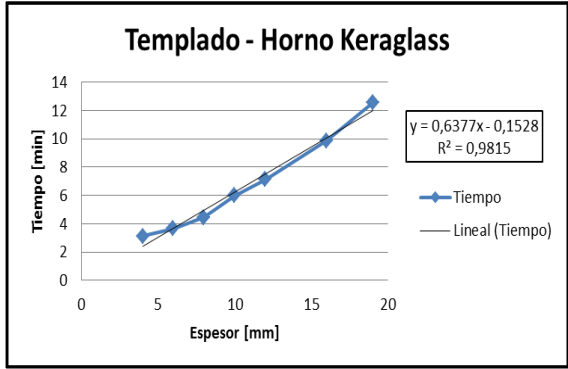
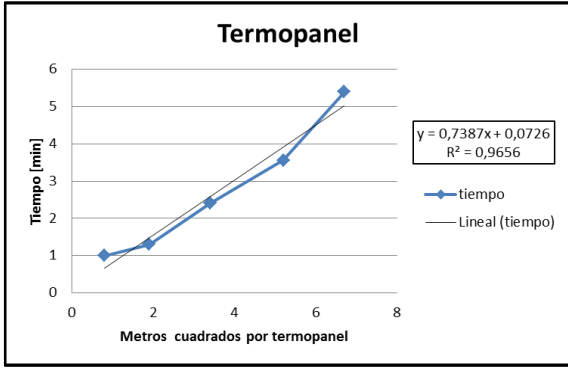
N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,51	2,05
2	2,46	2,01
3	2,5	2,03
4	2,47	2,02
5	2,47	2,02
PROMEDIO	2,5	2,03

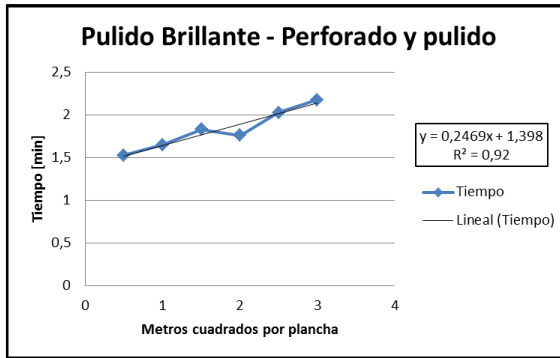
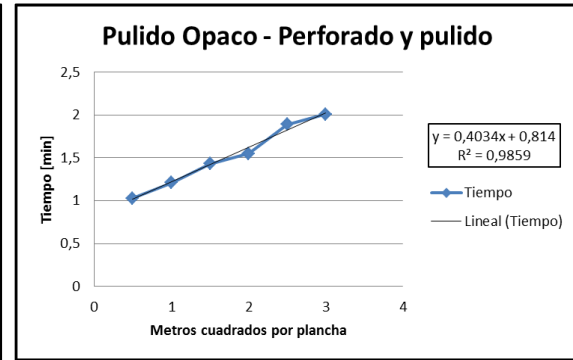
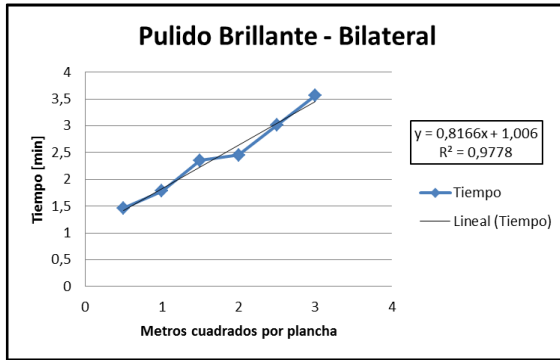
N° de muestra	Mts ² por vidrio	Tiempo
1	2,99	2,18
2	2,91	2,15
3	3	2,2
4	3	2,2
PROMEDIO	3,0	2,18

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5: Gráficos de comportamiento de tiempos







Anexo 6: Cuadro resumen de gráficos de tiempo

			Máquinas	a	b	R²
ESTACIONES DE TRABAJO	Corte	Corte Simple	Mesa 1 y 2	0,1214	0,5074	0,9967
			Mesa Ksr	0,1456	0,2397	0,9729
		Corte Borrado	Mesa 1 y 2	0,2334	-1,024	0,9678
			Mesa Ksr	0,2591	-0,1691	0,9831
		Laminado Carrocero - 44,2	Mesa 2	1,0555	0,6494	0,9986
		Laminado 44,4 - 66,1		1,0614	2,5419	0,9988
	Laminado 66,2 - 88,1	1,1038		4,1717	0,9939	
	Laminado	Laminado	Laminado	0,3527	0,619	0,9649
	Termopanel	Termopanel	Termo 1 y 2	0,7387	0,0726	0,9656
	Horno	Templado	Keraglass 1 y 2	0,6377	-0,1528	0,9815
			Tamglass	0,1275	1,3625	0,9434
		Termoendurecido	Keraglass 1 y 2	0,25	2,1733	0,9629
			Tamglass	0,093	1,821	0,9597
	Pulido	Pulido Opaco	Bilateral 1 y 2	0,5143	0,87	0,9635
			Rectilineo 1 y 2	0,7829	1,38	0,9725
Perforado y Pulido			0,4034	0,814	0,9859	
Pulido Brillante		Bilateral 1 y 2	0,8166	1,006	0,9778	
		Rectilineo 1 y 2	1,0257	1,6633	0,9911	
		Perforado y Pulido	0,2469	1,39	0,9200	

Anexo 7: Factor de corrección por falla de máquina

Máquinas	Probabilidad de falla
Mesa 1	0,008
Mesa 2	0,025
Mesa KSR	0,074
Laminado	0,047
Termo 1	0,066
Termo 2	0,041
Horno Keraglass 1	0,026
Horno Keraglass 2	0,007
Horno Tamglass	0,013
Pintura	0,025
Pulido Rectilinio 1	0,184
Pulido Rectilineo 2	0,002
Pulido Bilateral 1	0,184
Pulido Bilateral 2	0,010
Perforado y Pulido	0,007

Anexo 8: Fórmula para determinación de Tiempo estándar

Proceso	Tipo de proceso	Máquina	Fórmula
Corte	Corte Simple	Mesa 1	$T = (Q_{pc} * (0,1214 * Mt^p + 0,5074)) * 1,008$
		Mesa 2	$T = (Q_{pc} * (0,1214 Mt^p + 0,5074)) * 1,025$
		Mesa Ksr	$T = (Q_{pc} * (0,1456 Mt^p + 0,2397)) * 1,074$
		Mesa 1	$T = (Q_{pc} * (0,2334 Mt^p - 1,024)) * 1,008$
		Mesa 2	$T = (Q_{pc} * (0,2334 Mt^p - 1,024)) * 1,025$
Laminado	Laminado	Mesa Ksr	$T = (Q_{pc} * (0,2591 Mt^p - 0,1691)) * 1,074$
		Laminado Carrocero - 44,3	$T = (Q_{pc} * (1,0555 (Q_p/Q_{pc}) + 0,6494)) * 1,025$
		Laminado 44,4 - 66,1	$T = (Q_{pc} * (1,0614 (Q_p/Q_{pc}) + 2,5419)) * 1,025$
		Laminado 66,2 - 88,1	$T = (Q_{pc} * (1,1038 (Q_p/Q_{pc}) + 4,1717)) * 1,025$
		Mesa 2	$T = ((Q_q * ((0,3527 * e) + 0,619)) + (Q_a * 240)) * 1,04$
Termopanel	Termopanel	Termo 1	$T = ((Q_p/2) * (0,7223 Mt^p + 0,0397)) * 1,06$
		Termo 2	$T = ((Q_p/2) * (0,7223 Mt^p + 0,0397)) * 1,04$
Pintura	Pintura con diseño Pintura 100%	Pintura	$T = (4,68 + (10 * (Mt^iL/3,9))) * 1,025$
		Keraglass 1	$T = (7,23 + (10 * (Mt^iL/3,9))) * 1,025$
Horno	Templado	Keraglass 1	$T = ((Q_h * (0,6377e - 0,1528))) * 1,026$
		Keraglass 2	$T = ((Q_h * (0,6377e - 0,1528))) * 1,007$
		Tamglass	$T = ((Q_h * (0,1275e + 1,3625))) * 1,013$
		Keraglass 1	$T = ((Q_h * (0,25e + 2,1733))) * 1,026$
		Keraglass 2	$T = ((Q_h * (0,25e + 2,1733))) * 1,007$
		Tamglass	$T = ((Q_h * (0,093e + 1,821))) * 1,013$
		Bilateral 1	$T = (Q_p * (0,5143 Mt^p + 0,87)) * 1,18$
Pulido	Pulido Opaco	Bilateral 2	$T = (Q_p * (0,5143 Mt^p + 0,87)) * 1,01$
		Rectilíneo 1	$T = (Q_p * (0,7829 Mt^p + 1,38)) * 1,18$
		Rectilíneo 2	$T = (Q_p * (0,7829 Mt^p + 1,38)) * 1,002$
		Perforado y Pulido	$T = (Q_p * (0,4034 Mt^p + 0,814)) * 1,007$
		Bilateral 1	$T = (Q_p * (0,8166 Mt^p + 1,006)) * 1,18$
		Bilateral 2	$T = (Q_p * (0,8166 Mt^p + 1,006)) * 1,01$
		Rectilíneo 1	$T = (Q_p * (1,0257 Mt^p + 1,6633)) * 1,18$
Pulido Brillante	Pulido Brillante	Rectilíneo 2	$T = (Q_p * (1,0257 Mt^p + 1,6633)) * 1,002$
		Perforado y Pulido	$T = (Q_p * (0,2469 Mt^p + 1,398)) * 1,007$

Anexo 9: Estandarización de conceptos

Etapa	Denom.
Corte	A
Corte Laminado	B
Pulido	C
Laminado	D
Horno	E
Pintura	F
Termopanel	G

Corte	
Simple	A1
Borrado	A2
Corte Laminado	
Carrocero - 44,2	B1
44,4 - 66,1	B2
66,2 - 88,1	B3
Pulido	
Pulido Brillante	C1
Pulido Opaco	C2
Horno	
Templado	E1
Termoendurecio	E2
Pintura	
Pintura 100%	F1
Pintura Diseño	F2

A	
Mesa 1	M1
Mesa 2	M2
Mesa KSR	Mksr
B	
Mesa 2	M2
C	
Bilateral 1	BIL1
Bilateral 2	BIL2
Rectilinea 1	REC1
Rectilinea 2	REC2
Perforado y Pulido	PP
D	
Laminado	LAM
E	
Keraglass 1	K1
Keraglass 2	K2
Tamglass	TG
F	
Pintura	PIN
G	
Termo 1	T1
Termo 2	T2

Anexo 10: Formulario de programación.

Solicitud Cliente	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4	Paso 5
	Secuencia de Operaciones	A1	C2	E1	G

N° OP	49872
Cliente	Telmco Fab.
Producto	Termopanel
Fecha pedido	20-12-2013
Fecha de entrega	24-12-2013

Tiempo [min] - máquina / tipo de corte		
M1	18	0
M2	18	0
Mksr	22	0

Tiempo [min] - máquina / tipo proceso horno		
K1	17	0
K2	17	0
TG	13	0

Qp	33
Mtr2L	47,34
Mtr1L	135,07
Qq	48
e	4

Tiempo [min] - Máquina / tipo de laminado a cortar			
M2	B1	B2	B3
	0	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Termopaneles	
T1	19
T2	18

Tiempo [min] - Máquina / Tipo de pulido		
BIL1	C1	C2
	0	63
BIL2	0	54
REC1	0	97
REC2	0	83
PP	0	46

Tiempo [min] - Máquina / Tipo de pintura		
PIN	F1	F2
	0	0

Tiempo [min] - Máquina / Laminados	
LAM	D
	0

Bibliografía

- [Boiteux,Corominas&Lusa07], Boiteux, Orlando et al. Estado del arte sobre planificación agregada de la producción. Barcelona: UPC, 2007. (disponible vía Web en <https://upcommons.upc.edu/e-prints/bitstream/2117/747/2/IOC-DT-P-2007-04.pdf>, visitada en Septiembre 2014).
- [Calleja&Pastor09]. Calleja, Gema; Pastor, Rafael. Algoritmo de dispatching para la programación de la producción en una planta de fabricación. Barcelona: UPC, 2009. p: 39 a 41. (disponible vía Web en <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9097/1/MEMORIA.pdf>, visitada en Septiembre 2014).
- [Calleja&Pastor09]. Calleja, Gema; Pastor, Rafael. Algoritmo de dispatching para la programación de la producción en una planta de fabricación. Barcelona: UPC, 2009. p: 29 a 30. (disponible vía Web en <http://upcommons.upc.edu/pfc/bitstream/2099.1/9097/1/MEMORIA.pdf>, visitada en Septiembre 2014).
- [Carro&González,sf]. Carro, Roberto; González, Daniel. El sistema de producción y operaciones. Universidad Nacional de Mar del Plata, sin fecha. (disponible vía web en http://nulan.mdp.edu.ar/1606/1/01_sistema_de_produccion.pdf, visita en Septiembre 2014).
- [Castillo&Fandiño05]. Castillo, Guillermo; Fandiño, Oscar. Diseño de un Modelo general para la planeación operativa y la secuenciación de actividades en pequeñas empresas con procesos de manufactura intermitentes. Colombia: Tesis, 2005. p: 49 a 60. (disponible vía Web en <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/4625/2/116866.pdf>, visitada en Septiembre 2014).

- [Cortés12]. Cortés, A. Programación de Actividades. México: UNAM, 2012. (disponible vía Web en <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/90/A4.pdf?sequence=4>, visitada en Septiembre 2014).
- [Diez13]. Diez, Francisco. Gerente de Planta. Datos Generales.Santiago: Comercial Dialum S.A, 3 de Septiembre de 2013; Información Verbal.
- [Gaither&Frazier00]. Gaither, Norman; Frazier, Greg. Administración de producción y operaciones. Thomson, 2000, Cap.1, p: 17.
- [Gaither&Frazier00]. Gaither, Norman; Frazier, Greg. Administración de producción y operaciones. Thomson, 2000, Cap.1, p: 20.
- [Gallardo11]. Gallardo, Rodrigo. Minimización de la Tardanza total en una máquina con tiempos de preparación dependientes de la secuencia mediante modelos de programación lineal entera mixta. Chile: Tesis, 2011. (disponible vía Web en http://www.ici.ubiobio.cl/magister/memorias/tesis/Rodrigo_Gallardo.pdf, visitada en Septiembre 2014).
- [González&Torres05]. González, Catalina; Torres, Mónica. Comparación del desempeño de los simuladores Arena y Promodel en un modelo de producción. Bogotá: ECI, 2005. (disponible vía Web en http://www.laccei.org/LACCEI2005-Cartagena/Papers/IT026_DoncelGonzalez.pdf, visitada en Septiembre 2014).
- [GP02]. Gestio Polis. Producción y procesos. Colombia: GP, 2002. (disponible vía Web en <http://www.gestiopolis.com/recursos/experto/catsexp/pagans/ger/44/planeaprod.htm>, visitada en Septiembre 2014).

- [Groover07]. Groover, Mikell. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, procesos y sistemas. McGraw-Hill, 2007, Cap.1, p: 20.
- [Groover07]. Groover, Mikell. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, procesos y sistemas. McGraw-Hill, 2007, Cap.1, p: 17.
- [Leal08]. Leal, José. Medición del trabajo aplicado a la empresa D´Vargas Rrepujado en aluminio S.A. de C.V.. México: Tesis, 2008. (disponible vía Web en <http://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/handle/123456789/10673/Medicion%20del%20trabajo%20aplicado.pdf?sequence=1>, visitada en Septiembre 2014).
- [Llenera13]. Llenera, David. Evaluación y optimización de los servicios de un taller de mantenimiento mediante el software de simulación Arena. España: UVIC, 2013. (disponible vía Web en <http://repositori.uvic.cat/handle/10854/2359>, visitada en Septiembre 2014).
- [Molina&Soto04]. Molina, Alexander; Soto, Daniel. Diseño de un sistema de planeación y control de la producción en Panamericana de mármoles Ltda. Colombia: Tesis, 2004. (disponible vía Web en <http://javeriana.edu.co/biblos/tesis/ingenieria/tesis159.pdf>, visitada en Septiembre 2014).
- [Puerta79]. Puerta, Fernando. Métodos, tiempos y cursogramas. Colombia: UNAL, 1979, Cap.8, p: 45 - 48.
- [Quiroga,Rosseti,Areusin&Costa09]. Quiroga, Oscar et al. Modelos de simulación para el estudio de empresas productivas. Brasil: IJIE, 2009. (disponible vía Web en <http://incubadora.periodicos.ufsc.br/index.php/IJIE/article/view/170/0>, visitada en Septiembre 2014).

- [Salazar,sf]. Salazar, Bryan. Estudios de tiempos. Colombia, sin fecha. (disponible vía Web en <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1lculo-del-tiempo-est%C3%A1ndar-o-tipo/>, visitada en Septiembre 2014).
- [Sevilla&Zurita10]. Sevilla, Héctor; Zurita, Carlos. Uso de metaheurísticas para la optimización de la secuencia de producción y la asignación de mano de obra en una empresa manufacturera. Ecuador: Tesis, 2010. (disponible vía Web en http://www.cib.espol.edu.ec/Digipath/D_Tesis_PDF/D-90606.pdf, visitada en Septiembre 2014).
- [SII12]. Estadísticas de empresa por región, rubro, subrubro y actividad económica. Chile: SII, 2012. (disponible vía Web en http://www.sii.cl/estadisticas/empresas_region.htm, visitada en Septiembre 2014).
- [SOFOFA11]. Indicadores de la Industria. Chile: SOFOFA, 2011. (disponible vía Web en http://app.sofofa.cl/BIBLIOTECA_Archivos/Estudios/2011/11/IndiceDeProduccionyVentas_Nov11.pdf, visitada en Septiembre 2014).
- [SOFOFA12]. Indicadores de la Industria. Chile: SOFOFA, 2012. (disponible vía Web en http://app.sofofa.cl/BIBLIOTECA_Archivos/Estudios/2012/04/IndiceDeProduccionyVentas_Abr12.pdf, visitada en Septiembre 2014).
- [SOFOFA14]. Indicadores de la Industria. Chile: SOFOFA, 2011. (disponible vía Web en <http://static.pulso.cl/20140827/1995894.pdf>, visitada en Septiembre 2014).
- [UCIIM,sf]. Universidad Carlos III de Madrid. Control Estadístico de Procesos. España: UCIIM, sf. (disponible vía Web en

<http://halweb.uc3m.es/esp/personal/personas/kaiser/esp/calidad/controe7.pdf>, visitada en Octubre 2014).

- [UO,sf].Universidad de Oriente. Sistema de producción. México: UO, sin fecha. (disponible vía Web en <http://www.uovirtual.com.mx/moodle/lecturas/admonproduc1/3.pdf>, visitada en Septiembre 2014).