

UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO

**Determinación de los tiempos estándar de producción y diseño de un
sistema de costeo de productos:
Análisis de capacidad de la línea de producción principal en
REMODULARSA – Madeval Fábrica**

**María Gabriela García Rodríguez
Miguel Ángel Iturralde Jaramillo**

**Tesis de grado presentada como requisito
para la obtención del título de Ingeniería Industrial**

**Quito
Mayo de 2007**

**Universidad San Francisco de Quito
Colegio Politécnico**

HOJA DE APROBACIÓN DE TESIS

**Determinación de los tiempos estándar de producción y diseño de un
sistema de costeo de productos:**

**Análisis de capacidad de la línea de producción principal en
REMODULARSA – Madeval Fábrica**

María Gabriela García Rodríguez

Miguel Ángel Iturralde Jaramillo

**Ximena Córdova, Ph.D.
Director de la Tesis**

.....

**Ángel Villablanca, MSc.
Miembro del Comité de Tesis**

.....

**Jessica Hidalgo, MSc.
Miembro del Comité de Tesis**

.....

**Juan Cajas, MSc.
Miembro del Comité de Tesis**

.....

**Fernando Romo, MSc.
Decano del Colegio Politécnico**

.....

Quito, Mayo 18 del 2007

© Derechos de autor
María Gabriela García Rodríguez
Miguel Ángel Iturralde Jaramillo
2007

RESUMEN

El proyecto de tesis presente se orienta a establecer un diseño de un sistema de costeo de los productos de la empresa Madeval, la cual se dedica a la fabricación de muebles modulares de closet, cocina y baño. Para determinar el diseño del sistema de costeo adecuado, se encontró la necesidad de realizar un levantamiento de procesos el cual lleve registro de las operaciones de cada uno de los procesos de producción. Los flujogramas de procesos de la línea principal de producción se utilizaron como base para poder proseguir a un análisis de tiempos estándar de cada uno de estos procesos. Para el desarrollo de dicho análisis, se tomaron datos de tiempos de cada una de las operaciones predeterminadas de los procesos principales, y se analizaron los datos mediante métodos estadísticos que permitan establecer las ecuaciones de tiempos estándar de cada proceso. Por medio de la determinación de dichas ecuaciones de los procesos de la línea principal, se costea los productos de ésta línea y se deja constituida una metodología de costeo para el futuro uso de la empresa en otras líneas de producción. Adicionalmente, se realizó un análisis de capacidad de las estaciones de la línea principal de forma que se puede establecer la eficiencia actual de éstas áreas de trabajo. Mediante todos los análisis mencionados se logró plantear conclusiones y recomendaciones constructivas para el desarrollo de la planta de fabricación de la empresa Madeval.

ABSTRACT

The thesis project is a guide to establish a design of a costing system for Madeval's company products. This company manufactures modular furniture for closet, kitchen and restroom. In order to establish an adequate costing system, we found the need to accomplish an uprising of processes. With this we were able to record the operations of every one of the production's processes. The processes' flowcharts, of the main production line, were used as a base to perform an analysis of standard times of these processes. For the development of the aforementioned analysis, we recorded time data of each one of the operations of the principal processes. The data was analyzed through statistical methods that enable the establishment of standard times equations for every process. With the established equations, we were able to determine the cost of the products of the main production line and developed a methodology for future cost analysis in other production lines. Additionally, we performed an analysis of capability of the stations of the main line in order to establish the actual efficiency of these working areas. Considering all the analysis described above, we presented final conclusions and constructive recommendations for the development of Madeval's manufacturing plant.

Tabla de contenido

CAPÍTULO I: GENERALIDADES	2
1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA.....	3
1.3 ANTECEDENTES	5
1.4 OBJETIVOS.....	6
1.4.1 Objetivo general	6
1.4.2 Objetivos específicos.....	6
CAPÍTULO II: ESTUDIO DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN	7
2.1 METODOLOGÍA	7
2.2 JERARQUÍA DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN.....	8
2.3 FLUJOGRAMAS DE LOS PROCESOS.....	9
CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TIEMPOS.....	12
3.1 METODOLOGÍA	12
3.1.1 Tiempos Estándar	12
3.1.2 Tiempos No Operativos.....	14
3.2 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO CORTE GIBEN	15
3.2.1 Análisis por operaciones del proceso de Corte Giben.....	15
3.2.2 Ecuación de tiempos estándar del proceso Corte Giben	28
3.3 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO LAMINAR.....	34
3.3.1 Análisis por operaciones del proceso de Laminar.....	34
3.3.2 Ecuación de tiempos estándar del proceso Laminar.....	43
3.4 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO PERFORAR.....	45
3.4.1 Análisis por operaciones del proceso de Perforar	45
3.4.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Perforar.....	52
3.5 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO ACANALAR	55
3.5.1 Análisis por operaciones del proceso de Acanalar	55
3.5.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Acanalar	62
3.6 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO BISAGRAR	63
3.6.1 Análisis por operaciones del proceso de Bisagrar.....	63
3.6.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Bisagrar	67
3.7 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO PARTES Y PIEZAS RECEPCIÓN	68
3.7.1 Análisis por operaciones del proceso de Partes y Piezas Recepción	68
3.7.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Partes y Piezas Recepción.....	74
3.8 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO PARTES Y PIEZAS ENTREGA.....	74
3.8.1 Análisis por operaciones del proceso de Partes y Piezas Entrega.....	74
3.8.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso de Partes y Piezas Entrega.....	77
3.9 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO ARMAR.....	78
3.9.1 Análisis por operaciones del proceso de Armar	78
3.9.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso de Armar.....	87
3.10 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO ENSAMBLAR.....	88
3.10.1 Análisis por operaciones del proceso de Ensamblar	88
3.10.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso de Ensamblar.....	96

3.11	TIEMPOS NO OPERATIVOS	96
CAPÍTULO IV: COSTEO DEL PRODUCTO		98
4.1	METODOLOGÍA	98
4.2	CÁLCULO DE COSTOS INDIRECTOS.....	100
4.3	CÁLCULO DE COSTOS DIRECTOS.....	103
4.3.1	Cálculo de tiempo Corte Giben por pieza	104
4.3.2	Procedimiento de cálculo de costos directos	109
4.4	RESULTADOS DE COSTEO	110
CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE CAPACIDAD		113
5.1	METODOLOGÍA	113
5.2	RESULTADOS	115
5.3	MATRICES PARA CÁLCULO DE CAPACIDAD NECESARIA	117
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		118
6.1	CONCLUSIONES.....	118
6.2	RECOMENDACIONES	120
BIBLIOGRAFÍA.....		121
ANEXOS.....		122
ANEXO 1: FLUJOGRAMAS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN		123
ANEXO 2: FORMATO DE TOMA DE TIEMPOS OPERATIVOS		149
ANEXO 3: FORMATO DE TOMA DE TIEMPOS NO OPERATIVOS		150
ANEXO 4: RESULTADOS ESTUDIO DE TIEMPOS NO OPERATIVOS.....		154
ANEXO 5: EJEMPLO DE MARÍZ DE CÁLCULO PARA COSTOS DIRECTOS		158
ANEXO 6: MATRÍZ DE SIMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE MÓDULOS Y COMPLEMENTOS		160
ANEXO 7: MATRÍZ DE CÁLCULO DE CAPACIDAD - DADA LA PRODUCCIÓN SEMANAL.....		161
ANEXO 8: MATRÍZ DE CÁLCULO DE CAPACIDAD - CANTIDAD DE PRODUCTOS VARIABLE.....		162
ANEXO 9: MATRÍZ DE CÁLCULO DE CAPACIDAD – MÓDULO SIGNIFICATIVO		163

Lista de figuras

FIGURA 3.2.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Tableros.....	16
FIGURA 3.2.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Máquina Coge Tableros.....	17
FIGURA 3.2.3: Gráfico de Dispersión de Tiempo versus Número de Cortes.....	18
FIGURA 3.2.4: Gráfico de Residuos para Tiempo de Corte de Tableros Completos	20
FIGURA 3.2.5: Gráfico de Residuos para Tiempo de Corte Láminas Cortadas	22
FIGURA 3.2.6: Gráfico de Residuos de Tiempo de Corte Láminas considerando el Ancho de Láminas	24
FIGURA 3.2.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dar la Vuelta.....	25
FIGURA 3.2.8: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Identificar.....	26
FIGURA 3.2.9: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Llevar.....	27
FIGURA 3.2.10: Comparación de Ecuaciones de Tiempos Estándar de Corte Giben	33
FIGURA 3.3.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza.....	35
FIGURA 3.3.2: Gráfico de Dispersión de Tiempo de Laminar versus Largo de Laminado ..	37
FIGURA 3.3.3: Gráfico de Dispersión de Tiempo de Laminar versus Largo de Laminado (Canto Duro).....	37
FIGURA 3.3.4: Gráfico de Residuos para Tiempo de Laminar considerando el tipo de canto	39
FIGURA 3.3.5: Gráfico de Residuos de Tiempo Laminar con Canto Duro	40
FIGURA 3.3.6: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Arreglar Esquinas	41
FIGURA 3.3.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza.....	42
FIGURA 3.4.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Perforar.....	45
FIGURA 3.4.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger Pieza (de la mesa).....	46
FIGURA 3.4.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Dar la Vuelta	46
FIGURA 3.4.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Dejar.....	47
FIGURA 3.4.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Mover, Dar la Vuelta y Dejar Piezas Grandes	48
FIGURA 3.4.6: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Mover, Dar la Vuelta y Dejar Piezas Medianas	49
FIGURA 3.4.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Perforar Piezas Grandes y Medianas	50
FIGURA 3.4.8: Gráfico de Probabilidad de Tiempos de Coger, Perforar, Dar la Vuelta y Dejar Piezas Pequeñas.....	51
FIGURA 3.5.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza.....	55
FIGURA 3.5.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza Pequeña	56
FIGURA 3.5.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza Grande	57
FIGURA 3.5.4: Gráfico de Dispersión Acanalar versus Largo de Pieza	58
FIGURA 3.5.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza.....	60
FIGURA 3.5.6: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Pequeña	61
FIGURA 3.5.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Grande.....	61
FIGURA 3.6.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Dejar, Medir y Mover puerta...	64
FIGURA 3.6.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Dejar y Mover puerta 2 bisagras	65
FIGURA 3.6.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Bisagrar.....	67
FIGURA 3.7.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Tarugar y Dejar Ajuste	69

FIGURA 3.7.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Tarugar y Dejar Pieza	70
FIGURA 3.7.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Pequeña	71
FIGURA 3.7.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Grande	72
FIGURA 3.7.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Complementos, Cajones y Ajustes	73
FIGURA 3.8.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger Piezas	75
FIGURA 3.8.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Embalar	76
FIGURA 3.8.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Dejar	76
FIGURA 3.9.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo alto, bajo y mueble de baño (4 primeras operaciones)	79
FIGURA 3.9.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo alto, bajo y mueble de baño (4 operaciones intermedias)	80
FIGURA 3.9.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo alto, bajo y mueble de baño (2 operaciones finales)	80
FIGURA 3.9.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo closet (4 operaciones iniciales)	84
FIGURA 3.9.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo closet (3 operaciones finales)	85
FIGURA 3.10.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Poner Bisagras	89
FIGURA 3.10.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Ensamblar	91
FIGURA 3.10.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Ensamblar Estructura Cajón	93
FIGURA 3.10.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Ensamblar Cajonera	94
FIGURA 4.3.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Estructuras Blancas y Edesa	104
FIGURA 4.3.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Estructuras Varias	105
FIGURA 4.3.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Estructuras Varias (mayores a 10 piezas)	106
FIGURA 4.3.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Complementos	107
FIGURA 4.3.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Puertas	108

Lista de tablas

TABLA 3.2.1: Análisis de Regresión de Tiempo de Corte Tableros versus Número de Cortes	19
TABLA 3.2.2: Análisis de Regresión de Tiempo de Corte Láminas versus Número de Cortes	21
TABLA 3.2.3: Análisis de Regresión de Tiempo de Corte Láminas versus Número de Cortes y Ancho de Láminas	23
TABLA 3.2.4: Análisis de Regresión de Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina considerando Número de Piezas	30
TABLA 3.2.5: Análisis de Regresión de Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina considerando Número de Piezas para Jobs con menos de 150 piezas	31
TABLA 3.2.6: Análisis de Regresión de Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina considerando Número de Piezas para Jobs con más de 150 piezas	32
TABLA 3.2.7: Comparación de Ecuaciones de Tiempos Estándar de Corte Giben	33
TABLA 3.3.1: Análisis de Regresión de Tiempo Laminar versus Largo Laminado considerando el tipo de canto	38
TABLA 3.3.2: Análisis de Regresión de Tiempo Laminar versus Largo Laminado (Canto Duro)	40
TABLA 3.5.1: Análisis de Regresión de Acanalar versus Largo de Pieza	59
TABLA 4.1.1: Número de piezas que pasan por las estaciones de la línea principal por módulo	100
TABLA 4.2.1: Producción semanal en porcentaje	102
TABLA 4.2.2: Costos Indirectos	103
TABLA 4.4.1: Resultados del estudio de costeo para módulos altos y bajos	111
TABLA 4.4.2: Resultados del estudio de costeo para closets y auxiliares y complementos	112
TABLA 5.1.1: Resultados estudio de producción de módulos de 4 semanas	113
TABLA 5.2.1: Análisis de Capacidad y Eficiencia de los procesos de la línea de producción principal	116

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

Tener información fiable tanto de costos como de tiempos de producción, es esencial para el desarrollo de una planta de manufactura. Esta información permite que la toma de decisiones sobre la planificación de la producción se encuentre más cercana a un nivel óptimo y permite monitorear el nivel de eficiencia de sus procesos productivos. Adicionalmente, con lo mencionado se logra tener un control sobre la eficiencia de costos y así poder enfocarse en el aumento de la rentabilidad. Concientes de este hecho, la empresa Madeval percibió la necesidad de plantear un proyecto de costeo de producto. A solicitud de la empresa se presentó una propuesta de trabajo para cumplir sus necesidades. En base a este plan se desarrolló el presente proyecto de tesis.

Este trabajo de tesis se encuentra organizado en seis capítulos de tal manera que cubren todo lo planteado en las metas de este proyecto. El capítulo I tiene como objetivo describir a la empresa dueña del proyecto, Madeval. Adicionalmente, presentar los antecedentes y razones de la realización de éste proyecto, al igual que el objetivo general y los objetivos específicos que se han planteado alcanzar con la elaboración del mismo. El capítulo II contiene la metodología considerada para levantar todos los procesos de producción de Madeval Fábrica. Este capítulo presenta los procesos y sus respectivos flujogramas que serán considerados para el estudio de tiempos estándar y costeo de producto.

En el capítulo III se introducirá la metodología utilizada para la obtención de tiempos estándar de los procesos de la línea de producción principal de la fábrica. También, se presentará el análisis estadístico de los tiempos obtenidos de cada operación para poder determinar las ecuaciones de tiempos estándar de los procesos de producción. En este capítulo también se incluye un estudio de tiempos no operativos para poder determinar el tiempo real de producción. El capítulo IV presenta el procedimiento para costear los

productos de la línea NOVA y estructuras. Este capítulo proporciona también, una matriz de costeo que podrá ser utilizada para determinar el costo de otras líneas o de nuevos productos introducidos en la planta. En el capítulo V se establece un estudio de la capacidad real de las estaciones de la línea principal y una comparación con el nivel de producción actual que permite determinar el nivel de eficiencia de dichas estaciones. Finalmente, en el capítulo VI se presenta las respectivas conclusiones del proyecto realizado y se establece recomendaciones que podrían ser aplicadas a la empresa Madeval Fábrica para su desarrollo.

1.2 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

Madeval se dedica a la venta, fabricación y distribución de muebles denominados MADEVAL, MOVAL, EDESA Y FV. Estos muebles son de cocina, baño y closet. La empresa cuenta actualmente con tres puntos de venta ubicados en la ciudad de Quito. El “Almacén Quito” se encuentra en la calle Atahualpa y Juan González y contienen las oficinas administrativas de la empresa. El “Almacén Cumbayá” está ubicado en la Av. Interoceánica Km. 8.5 y el “Almacén Vega” se encuentra ubicado dentro de Importadora Vega (contrato de concesión hasta noviembre del 2007), sector del Bosque. En este almacén se expenden además de los productos MADEVAL, los productos MÓVAL. Se está considerando en abrir una franquicia de la empresa en la ciudad de Portoviejo.

La fábrica de la empresa se conoce como REMODULARSA y esta ubicada en las calles Intiyán y Pucará, barrio San Francisco, en el sector de la Mitad del Mundo. Desde la fábrica se despachan todos los muebles hacia el lugar de instalación. El terreno de la fábrica tiene una extensión de 4889 metros cuadrados lo cual incluye las construcciones del galpón de fábrica, las bodegas y la vivienda de los cuidadores. La fábrica cuenta con 11 funcionarios administrativos y 38 obreros entre maestros de carpintería y ayudantes con distintos grados de conocimiento y experiencia, distribuidos en dos turnos de trabajo. Es importante considerar que solamente los servicios de lacado y termolaminado no son realizados en la fábrica, sino que son contratados externamente.

REMODULARSA cuenta actualmente con dos camiones ligeros Chevrolet NTR con una capacidad de carga de 5 toneladas. Estos camiones son utilizados para despacho de muebles MOVAL, EDESA, FV y MADEVAL hacia su lugar de instalaciones. También para entrega y retiro de partes a servicios tercerizados de lacado y termolaminado. Para retiro de ciertos materiales para producción que no son entregados en la fábrica por el proveedor correspondiente debido a que son cantidades muy pequeñas o urgentes como por ejemplo, fórmicas y chapas. Adicionalmente, los camiones son utilizados para retiro de ciertos materiales para producción que no son entregados en la fábrica por parte del cliente como tiraderas y cajas FV, y disposición de desechos debido al servicio irregular de recolección de basura. Es importante tomar en cuenta, que en ciertas ocasiones se realiza la entrega de muebles MÓVAL a ciudades de otras provincias y para esto se utiliza servicios de transporte contratados.

La empresa Madeval no cuenta con centros de distribución, debido a que el alcance de sus ventas en otras ciudades es mínimo y la mayoría se maneja dentro de la ciudad de Quito. En cuanto a la disponibilidad de materia prima, la principal materia prima son los tableros de aglomerado, MDF y triplex que son provistos por las dos fábricas existentes a nivel nacional o por sus centros de distribución. Es importante notar que la confiabilidad en cuanto a tiempo de entrega por parte de los proveedores es baja y a veces es afectada por su cierre de cupos de compra. Existen ciertos materiales que la empresa suele tener problemas con la adquisición. Estos materiales son herrajes, lámina, pega para laminadora, tarugos y fórmica, los problemas se generan por el número de proveedores limitado que tiene el país. En cuanto a los otros materiales, no existe ningún inconveniente mayor ya que existen proveedores y las adquisiciones se manejan mediante una planificación de la producción.

En cuanto al medio ambiente interno de la empresa, se puede mencionar que no existe formalmente un área de RRHH que se encargue de medir el clima organizacional o establecer planes concretos de capacitación de los trabajadores según las necesidades laborales. La empresa cuenta con un sistema de remuneración variable para ciertas funciones, pero este no

se encuentra estandarizado. También, se presenta una ausencia de programas formales de Seguridad Industrial para respuestas ante emergencias.

1.3 ANTECEDENTES

La empresa Madeval ha estado elaborando un proyecto de despiece que entregue las órdenes de pedido de manera que se pueda costear los materiales utilizados en cada una de las mismas. Lamentablemente, no se ha considerado la manera de costear el uso de la mano de obra directa e indirecta de la fábrica, así como también los indirectos de fabricación. Adicionalmente, en la actualidad no se conoce la capacidad de la maquinaria que existe en la fábrica para poder determinar su eficiencia.

Se ha establecido que mediante una metodología de costeo se permitirá obtener un costo estándar, al igual que el costo real frente al estándar. De esta manera se podrá tomar acciones correctivas que permitirán aumentar la eficiencia en el uso de los recursos y saber a priori si un contrato será rentable o no. Por lo mencionado se ha planteado un proyecto que permita obtener los tiempos estándar de fabricación de la línea principal de producción de la empresa, debido a que esta línea representa aproximadamente un 80% de la producción. Esta línea principal incluye los módulos NOVA y las estructuras que son parte de los productos MADEVAL. Una vez obtenidas las ecuaciones de tiempos estándar y los costos de producción de los productos de ésta línea, se podrá proceder a realizar un análisis de capacidad de manera que se pueda determinar la eficiencia de las distintas estaciones en la línea de producción. Al realizar esto, se podrán definir recomendaciones para aumentar la eficiencia en el área de producción lo que podrá llevar a disminuir costos de producción.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Costear los productos, NOVA y estructuras, de la línea principal de producción por medio de un estudio de tiempos estándar, y realizar un análisis de capacidad de las estaciones involucradas para determinar la eficiencia de la planta.

1.4.2 Objetivos específicos

- Levantar todos los procesos de fabricación de la planta.
- Identificar la mejor manera de estimar tiempos de producción en las diferentes secciones de la línea principal.
- Determinar los tiempos estándar de fabricación para cada sección de la línea principal.
- Realizar una matriz que permita costear los diferentes productos NOVA y que sirva de base para el costeo de otras líneas de la empresa.
- Realizar un análisis de capacidad para determinar la eficiencia de las estaciones de la línea de producción principal.
- Determinar indicadores de eficiencia de uso de mano de obra.
- Elaborar una matriz para cálculo de tiempos de fabricación.

CAPÍTULO II: ESTUDIO DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN

2.1 METODOLOGÍA

Para realizar un adecuado estudio de procesos, se decidió primer definir, junto a los directivos, los procesos que la empresa considera en el área de producción. Se enlistó estos procesos y se los organizó de manera jerárquica como se presenta en la sección 2.2. A continuación, se decidió realizar el levantamiento de todos los procesos del área de producción y registrarlos utilizando diagramas de flujo. Los diagramas de flujo de procesos son una representación gráfica del proceso desde el principio hasta el fin, mostrando entradas, caminos y circuitos, acciones o decisiones tomadas en ciertos puntos, y por último la finalización. La mayoría de veces, estos diagramas representan al procesos en un alto y detallado nivel de observación, siendo de esta manera una eficaz herramienta que facilita un futuro análisis y optimización del flujo de trabajo tanto en un sistema de manufactura como de servicio. (Sixsigma, 2007) Estos diagramas de flujo son graficados en base a símbolos que representan cierta acción y flechas que indican el flujo. También, se coloca un resumen que indica ciertas características del proceso que va ha ser diagramado, como por ejemplo; el nombre del proceso, el inicio, el fin, el nombre de la persona que lo diagrama, entre otros.

En este estudio se realizó el levantamiento de procesos de la siguiente manera. Primero, junto al gerente de producción y el gerente de planta se estableció un cronograma de trabajo que determine cuales procesos serán trabajados en ciertos días. En base a este cronograma se prosiguió a observar los procesos en los días correspondientes y registrar las distintas operaciones que se realizaban en el orden debido. Se realizaron varias observaciones sobre el mismo proceso para determinar adecuadamente sus operaciones y tratar de identificar para un uso posterior las operaciones que más influencia tenían en relación al tiempo. Una vez registrados las operaciones en borrador se prosiguió a realizar los flujogramas correspondientes de cada uno de los proceso de producción.

2.2 JERARQUÍA DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN

Los procesos de producción de la empresa Madeval Fábrica fueron jerarquizados según las distintas líneas de producción que siguen las piezas o módulos, y el orden general. Es importante tomar en cuenta que no todas las piezas pasan por todos los procesos presentados. También, se han detallado aspectos importantes de los procesos que lo ameritan. A continuación se presenta la jerarquía de los procesos de producción de Madeval Fábrica.

- a) Corte Giben
- b) Corte Altendorff
 - Corte lámina de fórmica
 - Corte lámina de chapa
- c) Laminar
- d) Perforar
- e) Acanalar
- f) Rutear
- g) Tupi de Banco

- h) Tupi Manual
 - Puertas especiales
- i) Lijar
 - Puertas especiales
- j) Enchapar
 - Puertas y complementos enchapados
- k) Bisagrar
- l) Embalar
 - Puertas lacadas
- m) Elaboración de mesones
- n) Partes y Piezas Recepción
- o) Partes y Piezas Entrega

- p) Armar
- q) Ensamblar
 - Módulos
 - FV
- r) Clasificación y Limpieza
 - FV

Debido a que en este estudio solamente se considera la línea principal de módulos NOVA y estructuras se presenta a continuación la jerarquización de los procesos correspondientes a ésta línea.

- a) Corte Giben
- b) Laminar
- c) Perforar
- d) Acanalar
- e) Bisagrar
- f) Partes y Piezas Recepción
- g) Partes y Piezas Entrega
- h) Armar
- i) Ensamblar

2.3 FLUJOGRAMAS DE LOS PROCESOS

En esta sección se presenta los flujogramas de todos los procesos de producción descritos en la jerarquía. En general el proceso de producción tiene la finalidad de realizar el producto que cumpla con los requerimientos del cliente. En este caso es la elaboración de muebles de cocina, baño y closets para deliberar al área comercial. La simbología utilizada para la elaboración de diagramas de flujo es más o menos estandarizada a nivel universal. Se puede optar por la simbología propuesta por las siguientes organizaciones: American Society of

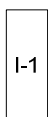
Mechanical Engineers (ASME), American National Standard Institute (ANSI), International Organization for Standardization (ISO), Deutsches Institut für Normung e.V (DIN), Símbolos del Flujo de Ingeniería de Operaciones y de Administración y mejora de la Calidad del Proceso (DO) y Diagramas Integrados de Flujo (DIF) en las versiones de Yourdon-De Marco y Gane & Sarson. (Técnicas de Análisis Administrativo, 2005). La mayoría de los símbolos que presentan estas organizaciones son semejantes, pero es importante tomar en cuenta que existen ciertas diferencias. Para la elaboración de los diagramas de flujo en este estudio se decidió utilizar la simbología ANSI que se presenta a continuación:



Indica el inicio o fin del flujo



Indica la actividad que se va a realizar



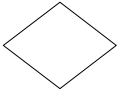
Este símbolo se coloca junto al símbolo de actividad e indica que se debe seguir una instrucción descrita en el cuadro de instrucciones que se ubica en la parte inferior del flujo.



Indica el camino que sigue el flujo.



Este símbolo indica la utilización de cierto documento en el proceso.



Este símbolo se utiliza cuando se desea realizar una pregunta y guiar el proceso por dos caminos posibles.



El símbolo mostrado representa un conector.

Los flujogramas de los procesos de producción se presentan en el Anexo 1. En base a los flujogramas de los procesos de la línea principal descrito en la jerarquización de procesos de la sección 2.2, se prosiguió a realizar el estudio de tiempos estándar que se presenta en el siguiente capítulo.

CAPÍTULO III: ESTUDIO DE TIEMPOS

3.1 METODOLOGÍA

3.1.1 Tiempos Estándar

El estudio de tiempos se utiliza para poder determinar y establecer los tiempos estándar permitidos para realizar cierta tarea, considerando los suplementos por fatiga, por retrasos personales y retrasos inevitables. Los estándares de tiempo establecidos con precisión permiten incrementar la producción y eficiencia del equipo y personal operativo. También, la determinación de tiempos estándar permite ser la base para poder costear los productos realizados en una planta. El procedimiento del estudio de tiempos debe involucrar el informar a los operadores lo que se va a realizar y el objetivo del estudio. Esto se lo realiza para tratar de evitar cambios en el comportamiento de los operadores con respecto a la velocidad y forma en que realizan cada tarea. A pesar de esto, se decidió que los supervisores de producción verifiquen aleatoriamente que los operarios se encuentren aplicando el método correcto y estén trabajando como normalmente lo hacen, durante la toma de datos. (Niebel y Freivalds, 375)

Para la realización del estudio de tiempos se determinó el equipo que se debía utilizar. Este equipo incluye los flujogramas de los procesos de producción que serán considerados para el estudio de tiempos, dos cronómetros electrónicos, hojas de formato para registrar los datos y una calculadora. En cuanto al formato para registrar los datos este incluye el nombre del proceso, el nombre del analista, la fecha, el nombre del operario, el tipo de pieza, factores relevantes, actividad, tiempo medido y observaciones. Un ejemplo de esta hoja de registro se encuentra en el Anexo 2. El procedimiento de la toma de tiempos se estableció junto a los directivos de la planta de la siguiente manera. Se utilizó los flujogramas realizados de cada proceso para determinar las operaciones que debían ser consideradas y conocer las secuencia

de estas operaciones. Para un adecuado estudio de tiempos se consideró que no se debe mezclar los tiempos de trabajo de la máquina con los tiempos de trabajo manuales de un operario. Se registró los tiempos de las operaciones de cada uno de los procesos, considerando variables que influyan el tiempo de operación como las dimensiones de la pieza, el tipo de pieza, entre otros. También se consideró que se debía tomar más de 20 datos por cada operación para poder realizar un análisis estadístico adecuado y determinar la distribución de los datos. Es importante tomar en cuenta, que en ciertos casos no se puede lograr obtener tantos datos como los requeridos debido a la frecuencia en la que se realiza cierta operación en la fábrica, debido a que la operación toma demasiado tiempo realizarla o debido a el horario establecido para que los analistas tomen los datos. Todos los datos de los tiempos de cada operación fueron registrados y entregados a la empresa.

Una vez tomado los datos suficientes de cada operación, se prosiguió a utilizar el software MINITAB para analizar estos datos frente a posibles variables presentes dependiendo del caso. Se utilizó gráficos de probabilidad, los cuales sirven para determinar si una distribución en particular, en este caso la distribución normal, se ajusta a los datos obtenidos. En este análisis MINITAB utiliza el estadístico de Anderson Darling (AD) y el valor P asociado. El estadístico AD es la distancia al cuadrado que tiene mayor peso en las colas de la distribución. Un valor bajo AD indica que la distribución se ajusta mejor a los datos. También se observa el valor P, y si este es mayor al nivel alfa de significancia determinado, se considera que los datos siguen una distribución normal. Se debe tomar en cuenta que se escogió un nivel alfa de 0.05 para todo este estudio debido a que es un valor que equilibra la importancia enfocada hacia el error tipo I y el error tipo II. (Montgomery y Runger, 373)

En las operaciones donde se considera que existe relación entre el tiempo de operación y algún factor, se decidió realizar un gráfico de dispersión y análisis de regresión. Un gráfico de dispersión muestra la relación entre dos variables al graficarlas la una con la otra. En este gráfico se puede observar líneas de tendencia o algún patrón de los datos que muestren cierta relación entre las variables. En caso de encontrar cierta relación entre variables se puede proseguir a realizar un análisis de regresión. Este análisis se utiliza para modelar la relación

entre una variable de respuesta en este caso el tiempo y uno o más factores. En este análisis de regresión, MINITAB, minimiza la suma de los errores cuadrados de forma que se pueda obtener parámetros estimados. El programa propone una ecuación la cual se la acepta para el estudio si el modelo es válido. Para validar el modelo se observa el análisis de varianza realizado, donde se determina si el R-Sq es el apropiado, el “lack of fit” que es la falta de ajuste del modelo no es significativo y el gráfico de residuos no muestra ningún patrón representativo. (DeVor, Chang y Sutherland, 171)

Una vez realizado el análisis estadístico que determina si las ecuaciones y respectivas medias y desviaciones estándar encontradas para cada operación pueden ser utilizadas para el estudio de tiempos del proceso, se prosigue a establecer una ecuación final. En esta ecuación final, se debe sumar las medias de cada una de las operaciones y sumar las varianzas de cada una de las operaciones por separado. Una vez encontrados estos valores o ecuaciones, se prosigue a utilizar la siguiente fórmula de tiempo estándar:

$$\text{Tiempo} = \mu + 1.64 \sigma$$

Es importante notar que con el 1.64σ se cubre el 95% de la variación que es lo deseado en este caso por el gerente de producción, por lo que se utilizará en el análisis de todos los procesos de producción involucrados en este estudio de tiempos. Se debe tomar en cuenta que todos los tiempos que se manejan en este estudio tiene la unidad de segundos. (Montgomery y Runger)

3.1.2 Tiempos No Operativos

Tiempos no operativos se entiende como todos los tiempos muertos de una estación de trabajo, en estos tiempos están incluidos tiempo de set-up, tiempo de limpieza de las máquinas y estaciones de trabajo, tiempo de arreglo e identificación de tiempos a ser

trabajadas y tiempos en los que el operario se encontraba fuera del área de trabajo por distintos motivos.

Para medir el porcentaje de tiempos se utilizará el método de muestreo de trabajo descrito en Maynard Manual del Ingeniero Industrial (4.54). Este método consiste en realizar observaciones en momentos del día aleatorios para determinar el tipo de actividad que se está realizando en ese momento. Basado en las leyes de la probabilidad este método permite, después de realizar el número de observaciones necesarias, determinar el porcentaje del tiempo total que se emplea en cada actividad. Para determinar las diferentes actividades que se podrían realizar en cada estación de trabajo se realizó una reunión entre el gerente de producción y los supervisores de cada área. Se determinó que el estudio se realizaría por 10 días con 10 observaciones por turno, lo que daría un total de 200 observaciones en las estaciones que trabajan dos turnos diarios, y 100 en aquellas de un solo turno. Para determinar las horas del día en las que se realizaría las observaciones se dividió a cada turno en intervalos de 15 minutos y se utilizó Excel para crear números aleatorios. Los datos generados se utilizaron para elegir de manera aleatoria 10 horas del turno, con la restricción de que dos observaciones seguidas tenían que estar separadas por lo menos por media hora, de ésta manera se permite al observador visitar todas las áreas necesarias. Se realizó este procedimiento para los 20 turnos considerados en este estudio y se registró los datos tomados en tablas como las presentadas en el Anexo 3, para cada uno de los procesos de la línea de producción principal.

3.2 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO CORTE GIBEN

3.2.1 Análisis por operaciones del proceso de Corte Giben

El Corte Giben es el primer proceso de producción que se lleva a cabo en la fábrica. Al observar el flujograma se puede determinar cinco operaciones claves que influyen en los tiempos de este proceso. Estas operaciones son el tiempo que toma el operario en coger los

tableros de MDF o aglomerado y colocarlos en la máquina, el tiempo que se demora la máquina en coger las distintas planchas, el tiempo que la máquina toma para cortar las planchas según el Job determinado, el tiempo que el operario se demora en dar la vuelta las planchas para que la máquina pueda realizar los distintos cortes, el tiempo que el operario se demora en identificar utilizando etiquetas las piezas que salen cortadas de la máquina, y por último, el tiempo que el operario toma en llevar las piezas a la banda transportadora del área de laminar. A continuación se presenta el análisis realizado para determinar los tiempos de las distintas tareas mencionadas.

- **Tiempo Operario Coge Tableros**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.2.1.

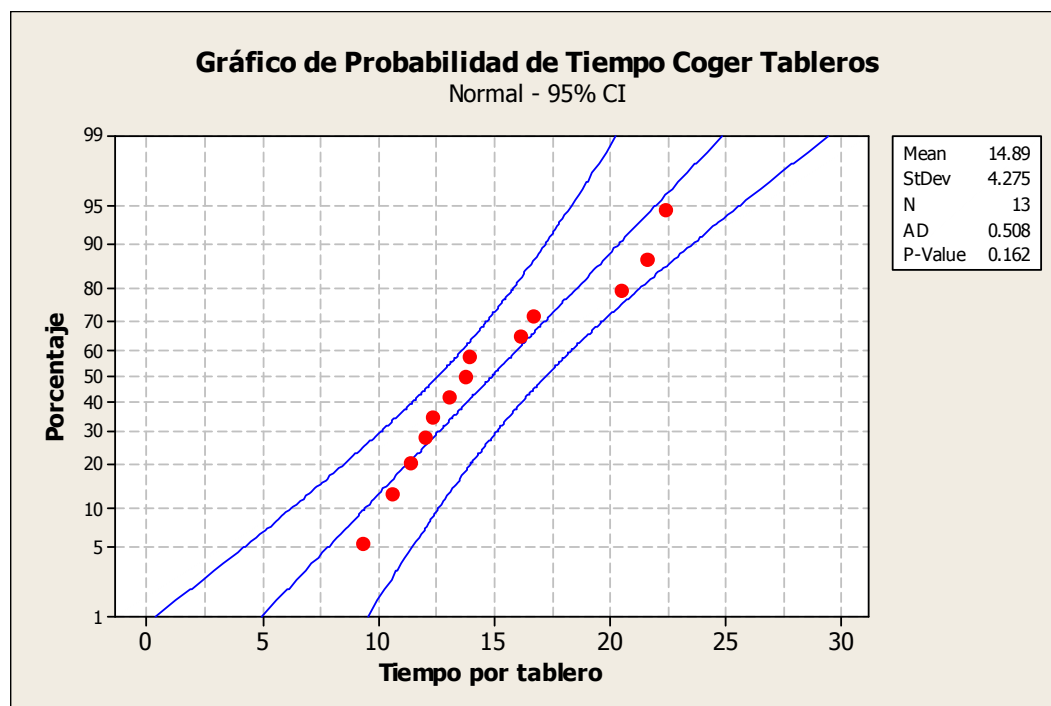


FIGURA 3.2.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Tableros

Se puede observar en la figura 3.2.1 proporcionada por el software MINITAB que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05.

Por consiguiente, se puede utilizar la media y la desviación estándar de esta operación para el estudio de tiempos.

Tiempo operativo coger tableros:

Coger un tablero:

Media = 14.89 seg.

Desv. Estándar = 4.27 seg.

Coger varios tableros:

Media = 14.89(número de tableros) seg.

Desv. Estándar = 4.27(número de tableros)^{1/2} seg.

- **Tiempo Máquina Coge Tableros**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.2.2.

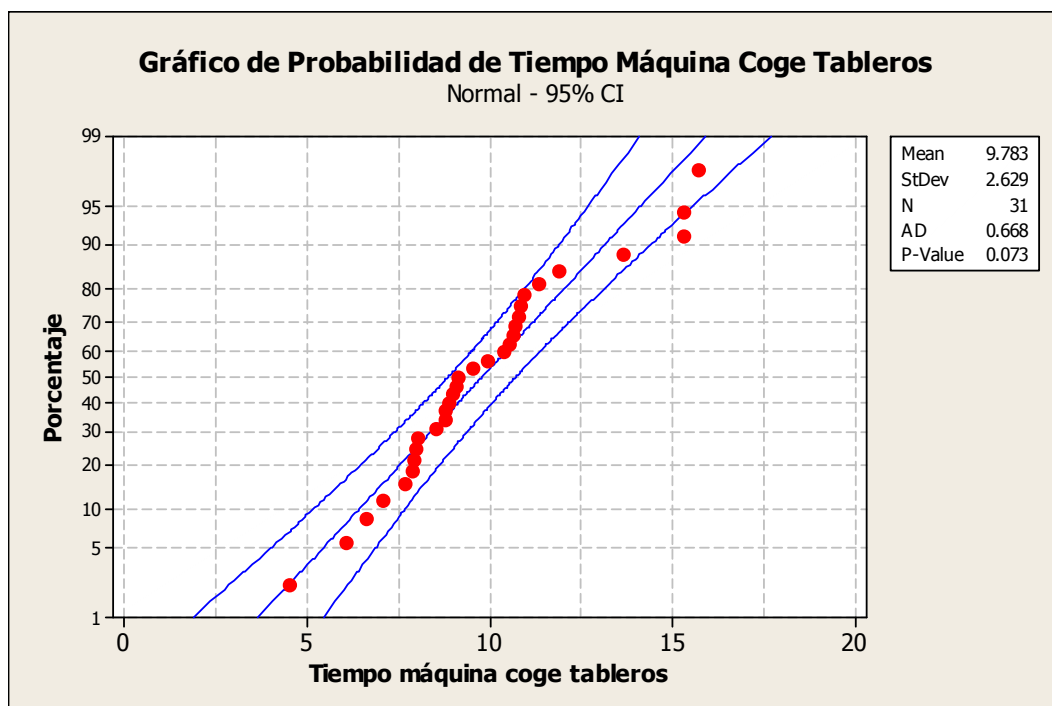


FIGURA 3.2.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Máquina Coge Tableros

Se puede observar en la figura 3.2.2 dada por MINITAB que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se puede utilizar los siguientes valores en el estudio de tiempos.

Tiempo máquina coge tableros:

Media = 9.78 seg.

Desv. Estándar = 2.63 seg.

- **Tiempo de Corte Tableros Completos**

Para analizar el tiempo que la máquina Giben toma en cortar los tableros completos se realizó en MINITAB un gráfico de dispersión (figura 3.2.3) para determinar se existe alguna relación entre el tiempo y el número de cortes que se realizan en los tableros.

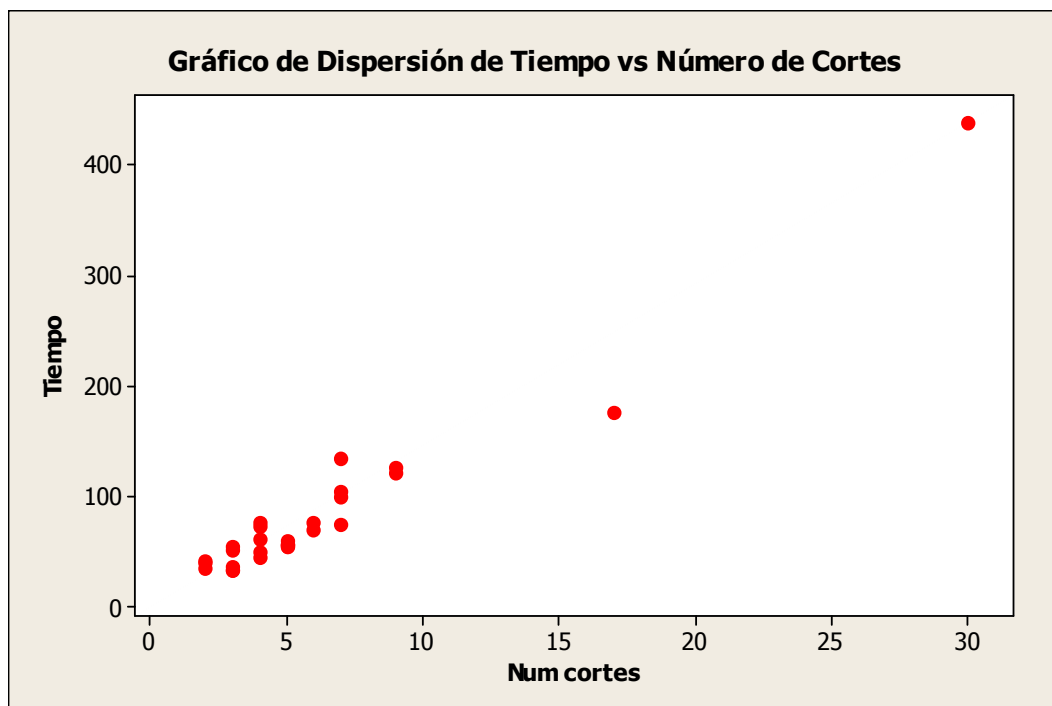


FIGURA 3.2.3: Gráfico de Dispersión de Tiempo versus Número de Cortes

Se puede observar en la figura 3.2.2 que aparentemente existe una relación lineal entre el tiempo de corte y el número de cortes realizados en los tableros. Es importante tomar en cuenta que solamente dos datos con cortes mayores a 15, se los decidió considerar en este estudio ya que se desea que la ecuación encontrada incluya operaciones con este número de cortes. No se logró obtener mayor cantidad de datos de este número de cortes debido a que no son operaciones muy comunes pero si se las realiza. Por lo tanto, se decide realizar un análisis de regresión que se muestra en la tabla 3.2.1.

Análisis de Regresión: Tiempo versus Num cortes

The regression equation is
 Tiempo = 13.0 + 14.2 Num cortes

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-3.138	4.034	-0.78	0.444
Num cortes	14.5053	0.5308	27.33	0.000

S = 10.2841 R-Sq = 96.6% R-Sq(adj) = 96.5%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	150250	150250	746.75	0.000
Residual Error	26	5231	201		
Lack of Fit	6	2143	357	2.31	0.074
Pure Error	20	3088	154		
Total	27	155481			

TABLA 3.2.1: Análisis de Regresión de Tiempo de Corte Tableros versus Número de Cortes

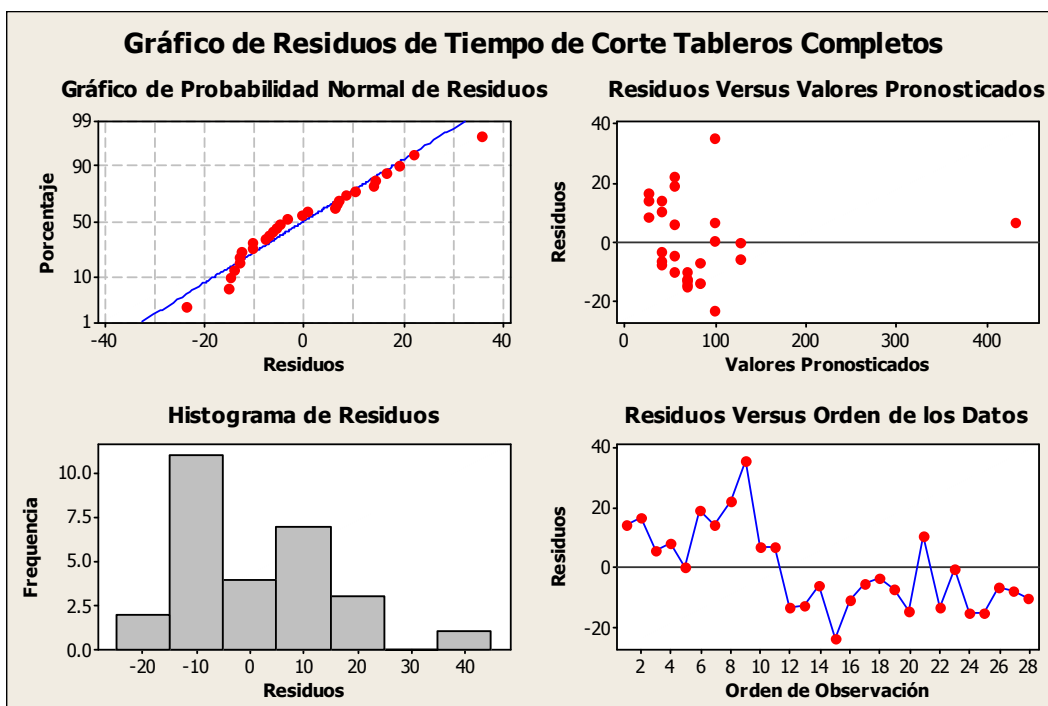


FIGURA 3.2.4: Gráfico de Residuos para Tiempo de Corte de Tableros Completos

Se puede observar que el análisis, presentado en la tabla 3.2.1, tiene un buen ajuste debido a que el R-Sq es de 96.6%, el “lack of fit” no es significativo. Adicionalmente, en el gráfico de residuos, presentado en la figura 3.2.4, no se logra identificar claramente un patrón, pero esto es difícil de determinar por la presencia de un valor alto. A pesar de esto, se decide considerar válida la ecuación de regresión dada por MINITAB. Por lo tanto, se encuentra el tiempo que la máquina Giben se demora en cortar un tablero completo. Es importante notar que el gráfico de Residuos versus el Orden de los Datos (figura 3.2.4) no es considerado para éste y los próximos análisis presentados en este proyecto, ya que no se toma en cuenta el orden de las observaciones de los datos de la manera descrita por el software MINITAB.

Tiempo de corte tablero completo = $13 + 14.2(\text{número de cortes})$ seg.

- **Tiempo de Corte de Láminas Cortadas**

Para analizar el tiempo que la máquina Giben toma en cortar las láminas o tiras que fueron cortadas de los tableros completos, se realizó en MINITAB un análisis de regresión que se presenta a en la tabla 3.2.2.

Análisis de Regresión: Tiempo de Corte Láminas versus Número de Cortes

The regression equation is
 Tiempo2 = - 3.11 + 15.8 Num cortes2

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-3.108	5.142	-0.60	0.551
Num cortes2	15.766	1.444	10.92	0.000

S = 9.80602 R-Sq = 82.1% R-Sq(adj) = 81.4%

PRESS = 3577.71 R-Sq(pred) = 74.37%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	11461	11461	119.19	0.000
Residual Error	26	2500	96		
Lack of Fit	4	1384	346	6.82	0.001
Pure Error	22	1116	51		
Total	27	13961			

2 rows with no replicates

Unusual Observations

Obs	Num	cortes2	Tiempo2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
27		7.00	132.78	107.25	5.63	25.53	3.18RX

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

TABLA 3.2.2: Análisis de Regresión de Tiempo de Corte Láminas versus Número de Cortes

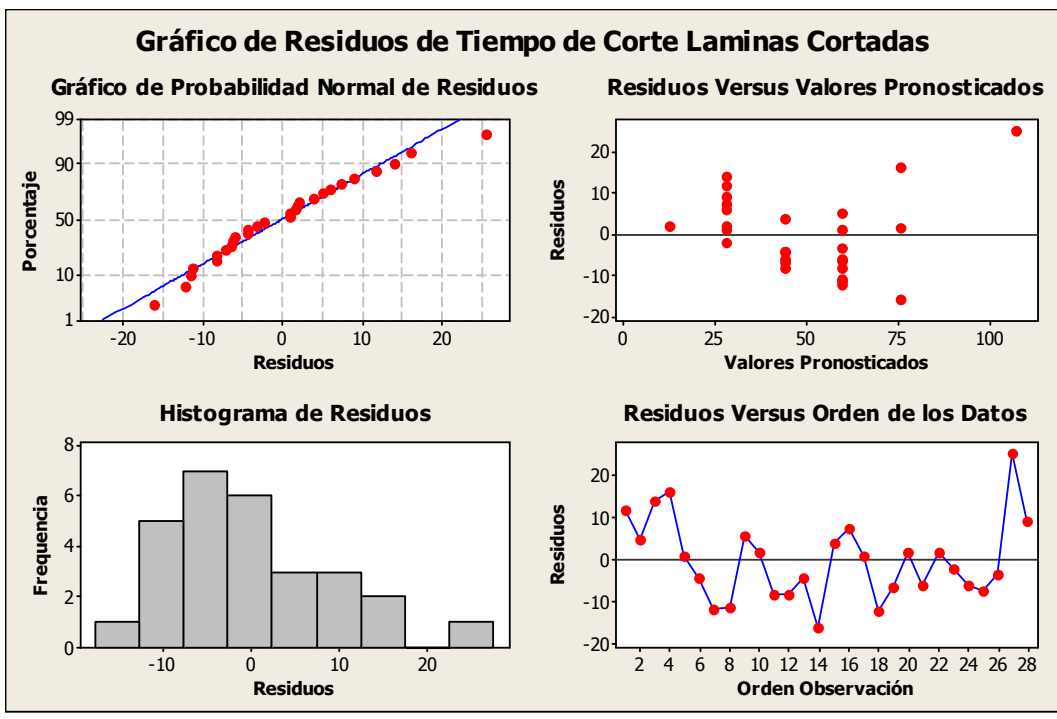


FIGURA 3.2.5: Gráfico de Residuos para Tiempo de Corte Láminas Cortadas

Se puede observar en el análisis de regresión de la tabla 3.2.2 que, a pesar de que se tienen un buen ajuste el “lack of fit” fue significativo, por lo tanto esto puede contribuir a mostrar que el ancho de las láminas cortadas tienen un efecto sobre el tiempo de corte. Se decidió realizar un tercer análisis, el cual se presenta en la tabla 3.2.3, para comprobar lo mencionado.

Análisis de Regresión: Tiempo de Corte de Lámina versus Número de Cortes, Ancho

The regression equation is
 Tiempo2 = - 6.78 + 16.2 Num cortes2 + 0.0015 Ancho

18 cases used, 10 cases contain missing values

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-6.776	6.292	-1.08	0.299
Num cortes2	16.210	1.949	8.32	0.000
Ancho	0.00152	0.01084	0.14	0.890

S = 9.98908 R-Sq = 85.5% R-Sq(adj) = 83.6%

PRESS = 3594.55 R-Sq(pred) = 65.21%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	8836.6	4418.3	44.28	0.000
Residual Error	15	1496.7	99.8		
Lack of Fit	11	1348.5	122.6	3.31	0.130
Pure Error	4	148.3	37.1		
Total	17	10333.3			

10 rows with no replicates

Source	DF	Seq SS
Num cortes2	1	8834.6
Ancho	1	2.0

Unusual Observations

Obs	Num	cortes2	Tiempo2	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
27		7.00	132.78	107.87	6.98	24.91	3.49R

R denotes an observation with a large standardized residual.

TABLA 3.2.3: Análisis de Regresión de Tiempo de Corte Láminas versus Número de Cortes y Ancho de Láminas

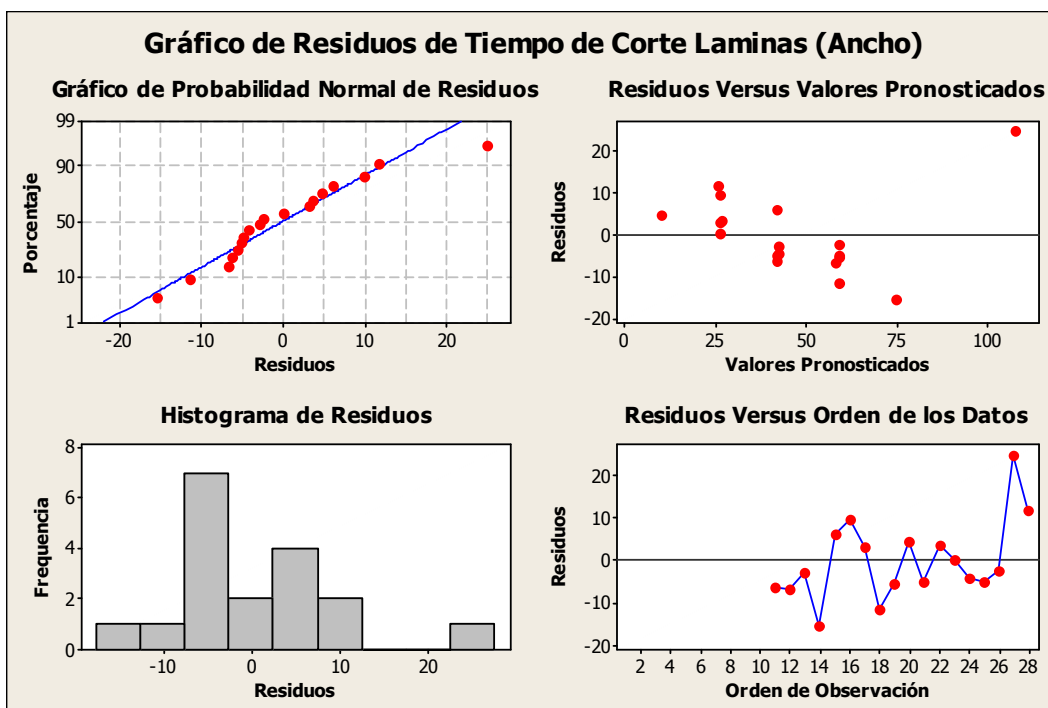


FIGURA 3.2.6: Gráfico de Residuos de Tiempo de Corte Láminas considerando el Ancho de Láminas

Con este nuevo análisis, presentado en la tabla 3.2.3 y corroborado con la figura 3.2.6, se obtuvo un “lack of fit” no significativo y un buen ajuste como muestra el R-Sq. Adicionalmente, también se puede observar que el ancho de las láminas resultó ser no significativo por lo tanto no se lo tomará en cuenta en la ecuación. Al ser este el mejor modelo se utilizará la ecuación de regresión presentada por MINITAB en este caso:

$$\text{Tiempo de Corte de Láminas} = - 6.78 + 16.2 * (\text{número de cortes}) \text{ seg.}$$

- **Tiempo de Dar la Vuelta**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.2.7.

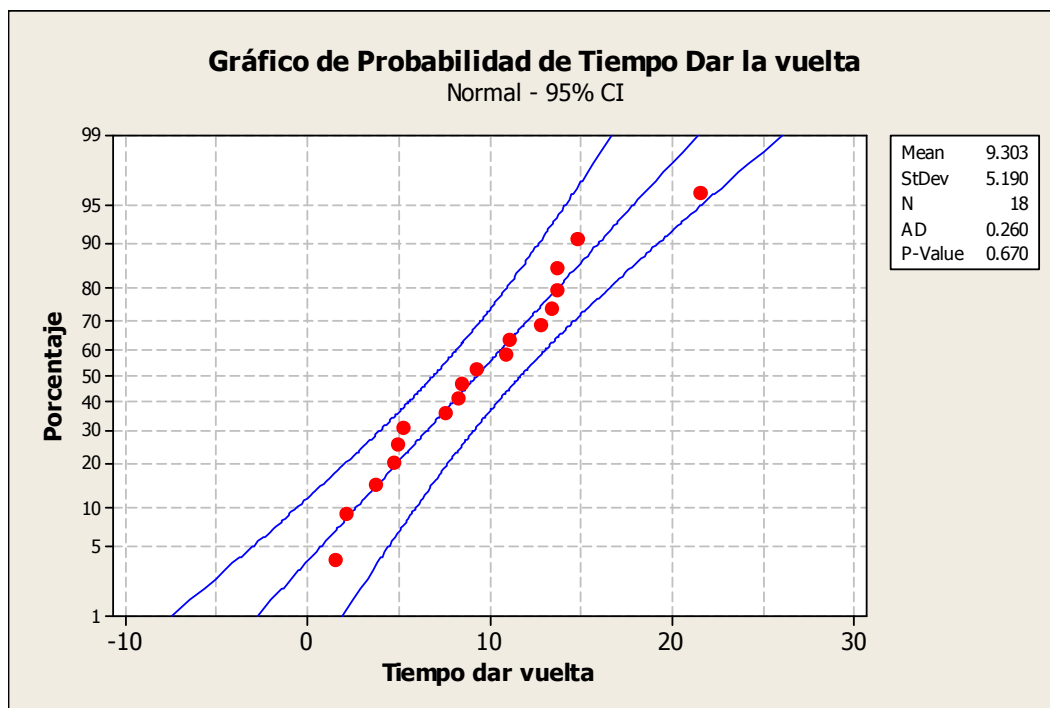


FIGURA 3.2.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dar la Vuelta

Se puede observar en la figura 3.2.7 dada por MINITAB que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, el tiempo de esta operación estará dado por:

Tiempo Dar la Vuelta:

Media = 9.3 seg.

Desv. Estándar = 5.2 seg.

- **Tiempo de Identificar**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.2.8.

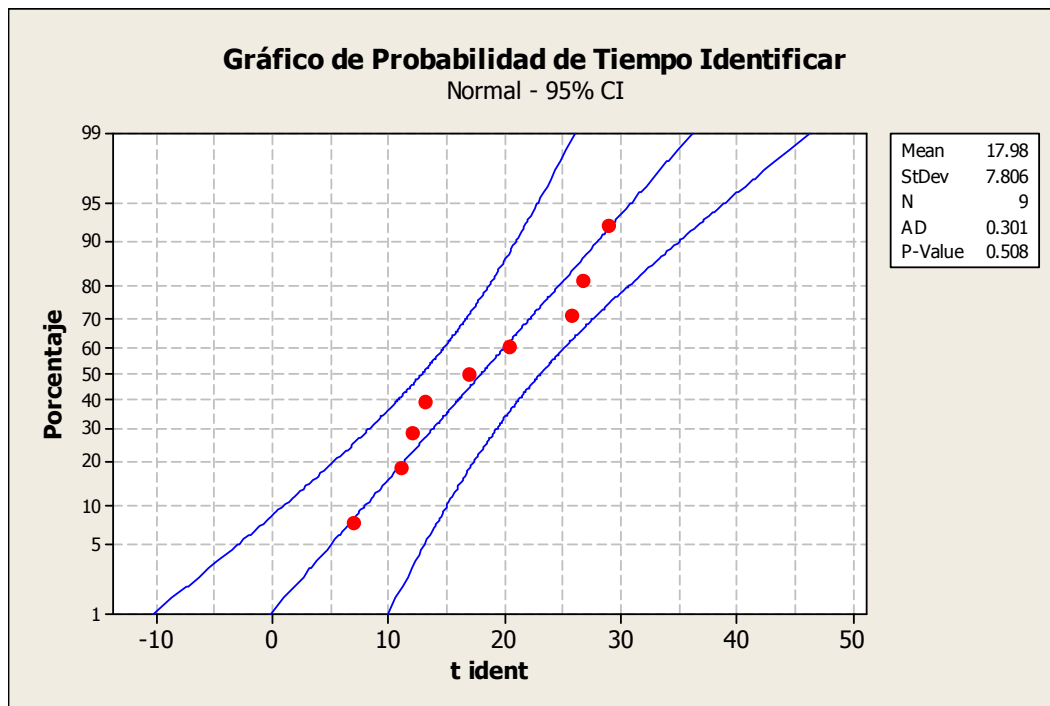


FIGURA 3.2.8: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Identificar

Se puede observar en la figura 3.2.8 presentada por el software MINITAB que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05. Entonces, se puede utilizar los valores encontrados para el estudio de tiempos.

Tiempo Identificar piezas:

Media = 18 seg.

Desv. Estándar = 7.8 seg.

- **Tiempo Operario Llevar Pieza**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.2.9.

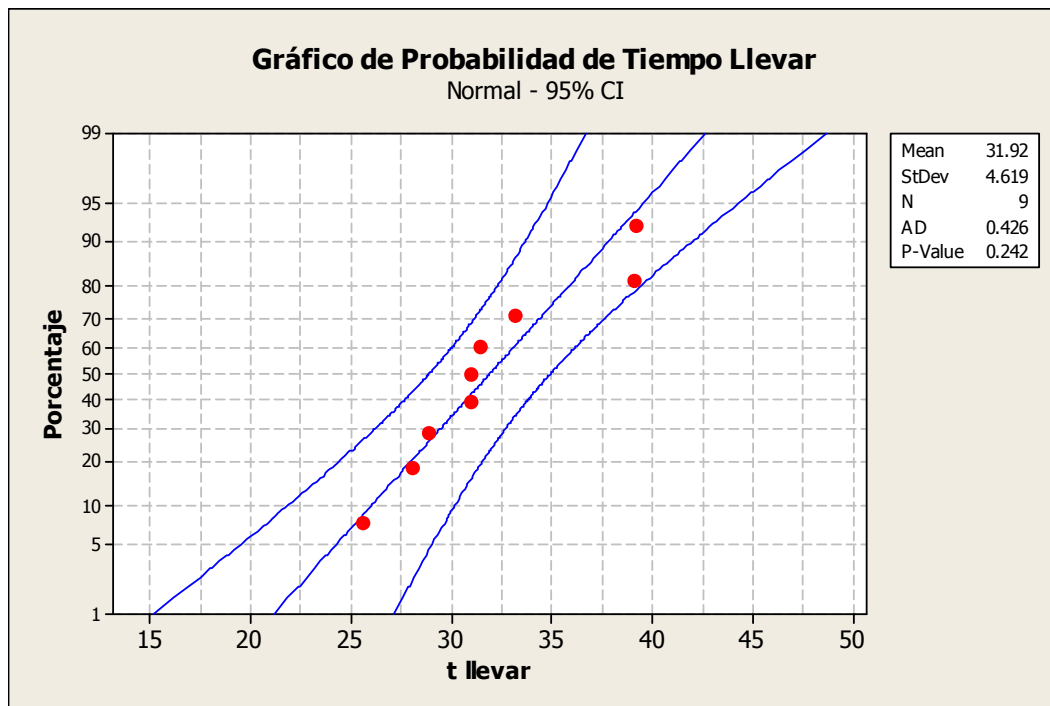


FIGURA 3.2.9: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Llevar

Se puede observar en la figura 3.2.9 dada por MINITAB que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, para encontrar el tiempo necesario que el operario toma en llevar las piezas cortadas a la banda transportadora del área de laminar, se utiliza:

Tiempo llevar piezas

Media = 31.9 seg.

Desv. Estándar = 4.62 seg.

3.2.2 Ecuación de tiempos estándar del proceso Corte Giben

Una vez encontradas todas las ecuaciones de las principales operaciones de este proceso se puede proseguir a formular una ecuación de tiempo de todo el proceso. Primero se determinan las variables y constantes, para luego formular la ecuación deseada.

- Variables:
 - Número de tableros
 - Número de cortes tablero grande
 - Número de cortes tiras
 - Número de giros
- Constantes:
 - Tiempo operario coge tableros:
Media = 14.89(número de tableros) seg.
Desv. Estándar = 4.27(número de tableros)^{1/2} seg.
 - Tiempo máquina coge tablero primera vez:
Media = 9.78 seg.
Desv. Estándar = 2.63 seg.
 - Tiempo Dar la Vuelta:
Media = 9.3 seg.
Desv. Estándar = 5.2 seg.
 - Tiempo identificar:
Media = 18 seg.
Desv. Estándar = 7.8 seg.
 - Tiempo llevar:
Media = 31.9 seg.
Desv. Estándar = 4.62 seg.

Tiempo Estándar Proceso Corte Giben por esquema:

$$\begin{aligned} \text{Media} &= 31.9 + 18 + 9.8 + (9.3 + 9.8) * (\text{número de giros}) + 14.9(\text{número de tableros}) + (- \\ &6.8) + 16.2(\text{número de cortes de tiras}) + 13 + 14.2(\text{número de cortes tablero completo}) \\ \text{Desv. Estándar} &= (4.6^2 + 7.8^2 + 2.6^2 + (2.6^2 + 5.2^2) * (\text{número de giros}) + 4.27^2 (\text{número} \\ &\text{de tableros}) + 10.2^2)^{1/2} \text{ seg.} \end{aligned}$$

Simplificando esta ecuación se obtiene:

$$\begin{aligned} \text{Media} &= 65.9 + (19.1) * (\text{número de giros}) + 14.9 * (\text{número de tableros}) + \\ &16.2 * (\text{número de cortes de tiras}) + 14.2 * (\text{número de cortes tablero completo}) \text{ seg.} \\ \text{Desv. Estándar} &= (192.8 + 33.8 * \text{número de giros} + 18.23 * \text{número de tableros})^{1/2} \text{ seg.} \end{aligned}$$

Simplificación Ecuación Tiempo Corte Giben

La ecuación presentada en la sección anterior es muy completa pero presenta un problema el cual se refiere a que se necesita contar el número de cortes de cada tablero al igual de las tiras de los distintos esquemas por cada Job que se realiza en la semana. Esta tarea acarrea demasiado tiempo por lo que la fórmula no sería muy eficiente en la operación diaria de la fábrica. Por lo tanto se decidió simplificar la fórmula realizando una regresión lineal donde se utiliza únicamente el tiempo de máquina y el número de piezas proporcionado por el programa que utiliza la máquina Giben. El análisis de ésta regresión se presenta a continuación en la tabla 3.2.4.

Análisis de Regresión: Tiempo estimado versus tiempo máquina, Número de Piezas

The regression equation is

Tiempo estimado = - 1.8 + 1.18 tiempo máquina + 3.22 NUMPIEZAS

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-1.77	77.81	-0.02	0.982
tiempo máquina	1.17671	0.05052	23.29	0.000
NUMPIEZAS	3.2193	0.2857	11.27	0.000

S = 395.014 R-Sq = 97.1% R-Sq(adj) = 97.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	288071575	144035787	923.09	0.000
Residual Error	55	8581999	156036		
Total	57	296653573			

Source	DF	Seq SS
tiempo máquina	1	268256593
NUMPIEZAS	1	19814981

Unusual Observations

Obs	tiempo máquina	Tiempo est	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
52	3609	7578.6	5844.9	101.8	1733.6	4.54R
53	7205	9793.4	10089.3	236.6	-295.8	-0.94 X
54	3630	8751.8	7604.9	212.2	1146.9	3.44RX
55	3608	7987.4	8847.4	317.2	-860.0	-3.65RX
56	5940	7879.2	8587.9	180.3	-708.6	-2.02RX
57	3613	5722.2	4771.2	112.5	951.0	2.51R
58	3420	4132.0	4975.5	90.6	-843.5	-2.19R

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Possible lack of fit at outer X-values (P-Value = 0.000)

Overall lack of fit test is significant at P = 0.000

TABLA 3.2.4: Análisis de Regresión de Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina considerando Número de Piezas

Se puede observar en la tabla 3.2.4 que a pesar de que el modelo presenta un buen ajuste, con un R-Sq de 97%, el análisis de residuos presenta algunos de estos con valores muy elevados, además la prueba de “lack of fit” fue significativa, lo que da indicios de que el modelo tiene problemas de ajuste. Al observar los datos que presentan problemas se observa

que son Jobs con un gran número de piezas (más de 150). Por lo que se decidió dividir los Jobs en dos y realizar las pruebas por separado como se presentan en las tablas 3.2.5 y 3.2.6.

Regresión para Jobs con menos de 150 piezas:

Análisis de Regresión: Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina, Número de Piezas

The regression equation is

Tiempo Est = - 9.9 + 1.20 tiempo máquina + 2.64 NUMPIEZAS

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	-9.90	38.26	-0.26	0.797
tiempo máquina	1.19751	0.07744	15.46	0.000
NUMPIEZAS	2.635	1.780	1.48	0.146

S = 134.422 R-Sq = 97.1% R-Sq(adj) = 97.0%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	26824240	13412120	742.26	0.000
Residual Error	44	795045	18069		
Total	46	27619285			

Source	DF	Seq SS
tiempo máquina	1	26784641
NUMPIEZAS	1	39599

Unusual Observations

Obs	tiempo máquina	Tiempo est	Fit	SE Fit	Residual	St Resid
11	1080	1571.3	1467.9	59.7	103.4	0.86 X
12	2940	4102.6	3813.8	70.3	288.8	2.52RX
19	1500	2205.9	1912.9	29.6	293.0	2.23R
26	2100	2556.6	2836.9	95.3	-280.3	-2.96RX
28	1680	1783.6	2128.4	40.0	-344.8	-2.69R

R denotes an observation with a large standardized residual.

X denotes an observation whose X value gives it large influence.

Possible lack of fit at outer X-values (P-Value = 0.057)

Overall lack of fit test is significant at P = 0.057

TABLA 3.2.5: Análisis de Regresión de Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina considerando Número de Piezas para Jobs con menos de 150 piezas

Regresión para Jobs con más de 150 piezas:

Análisis de Regresión: Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina, Número de Piezas

The regression equation is

Tiempo est = 213 + 1.14 tiempo máquina_1 + 3.14 NUMPIEZAS_1

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	212.7	847.1	0.25	0.808
tiempo máquina_1	1.1387	0.2025	5.62	0.000
NUMPIEZAS_1	3.1419	0.7917	3.97	0.004

S = 982.277 R-Sq = 87.6% R-Sq(adj) = 84.5%

Analysis of Variance

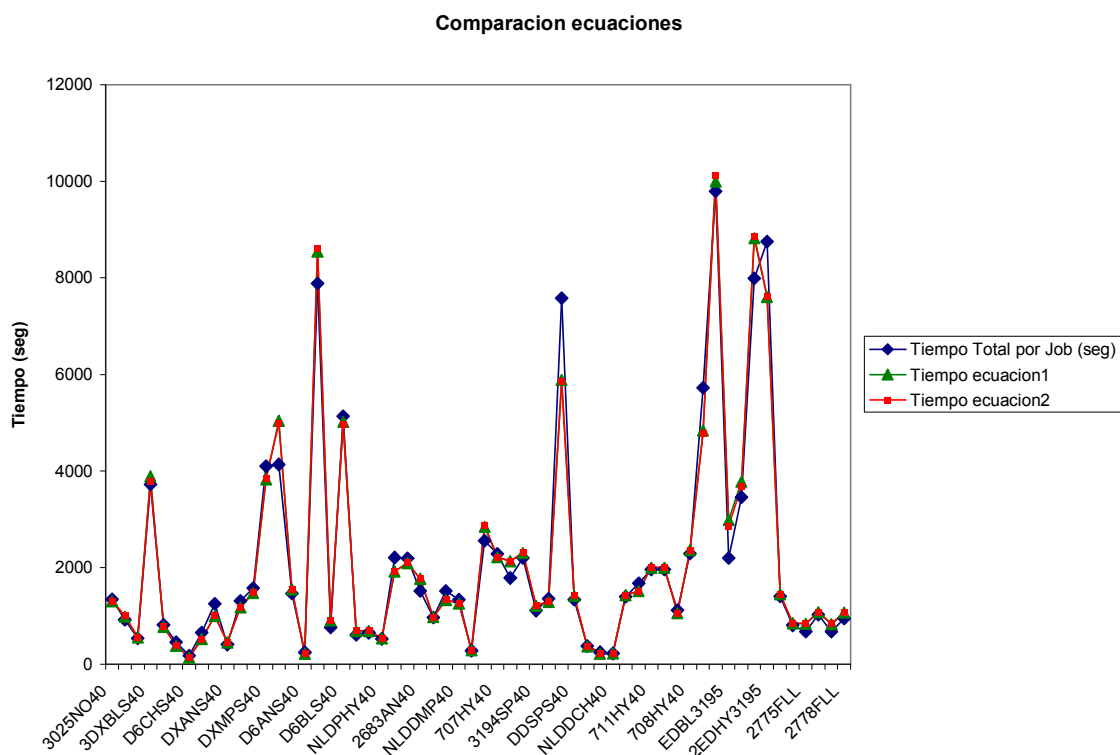
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	54627997	27313998	28.31	0.000
Residual Error	8	7718950	964869		
Total	10	62346947			

Source	DF	Seq SS
tiempo máquina_1	1	39432990
NUMPIEZAS_1	1	15195007

No evidence of lack of fit (P >= 0.1).

TABLA 3.2.6: Análisis de Regresión de Tiempo Estimado versus Tiempo Máquina considerando Número de Piezas para Jobs con más de 150 piezas

Como se observa en las regresiones de las tablas 3.2.5 y 3.2.6, en ambos casos el modelo obtenido presenta un buen ajuste tanto por el R-Sq, como por el “lack of fit” no significativo. Pese a que este modelo estadísticamente es más adecuado se comprobó si existía una diferencia significativa entre los resultados dados por los dos modelos, ya que el primero es más simple y fácil de utilizar en un futuro en la fábrica. Se analizó los Jobs de la Semana 40 del 2006 y se gráfico los valores obtenidos con las dos ecuaciones frente al valor obtenido con la ecuación original, como se presenta a continuación en la figura 3.2.10. Se analizó estas ecuaciones con una prueba t pareada como se presenta en la tabla 3.2.7.



Paired T-Test and CI: Ec1, Ec2

Paired T for Ec1 - Ec2

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ec1	58	2133.65	2249.33	295.35
Ec2	58	2135.84	2252.29	295.74
Difference	58	-2.18276	34.54544	4.53604

95% CI for mean difference: (-11.26602, 6.90050)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -0.48 P-Value = 0.632

TABLA 3.2.7: Comparación de Ecuaciones de Tiempos Estándar de Corte Giben

Como se observa en la figura 3.2.10 y se comprueba con la prueba t pareada de la tabla 3.2.7, se puede decir que las dos ecuaciones dan resultados iguales (el valor P de la prueba t pareada es mayor a 0.05). Por esta razón es factible utilizar la ecuación dada por la primera

ecuación, sin hacer distinción entre los Jobs con más y menos de 150 piezas. Por ende, la ecuación final del tiempo estándar para el proceso de corte Giben resulta ser la siguiente:

Ecuación Final Proceso Corte Giben:

Tiempo de Corte Giben por Job = $-1.8 + 1.18*(\text{tiempo de máquina}) + 3.22*(\text{número de piezas})$ seg.

Es importante tomar en cuenta que las constantes en los análisis de regresión no son significativas pero dado a que los modelos incluidos las constantes son significativos y su falta de ajuste no lo es, se decidió conservar estas constantes para no alterar el modelo encontrado.

3.3 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO LAMINAR

3.3.1 Análisis por operaciones del proceso de Laminar

El proceso de Laminar es el segundo proceso de producción realizado en Madeval Fábrica. Al observar el flujograma de este proceso se puede determinar cuatro operaciones claves que influyen en los tiempos de este proceso. Estas operaciones son el tiempo que toma el operario en coger las piezas de la banda transportadora que se encuentra junto a la máquina laminador, el tiempo que la máquina se demora en laminar cada pieza, el tiempo necesario para que el operario coloque la pieza que sale de la máquina laminadora en la banda transportadora junto a la máquina laminadora y por último el tiempo de arreglar las esquinas pero es importante notar que esta tarea solamente se realiza en caso de laminar con canto duro los distintos lados de una sola pieza. A continuación se presenta el análisis realizado para determinar el tiempo de cada una de las tareas mencionadas.

- **Tiempo Operario Cogrer Pieza**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.3.1.

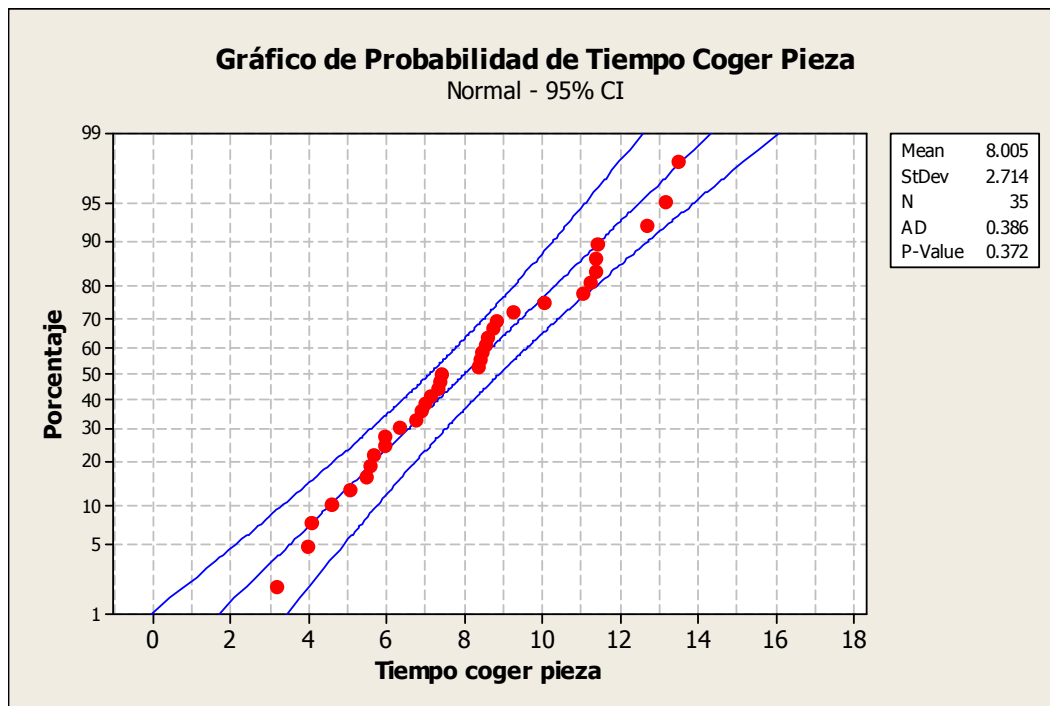


FIGURA 3.3.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Cogrer Pieza

Se puede observar en la figura 3.3.1 presentada por el software MINITAB que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, para el tiempo que el operario necesita para cogrer una pieza se utiliza:

Tiempo Operario Cogrer Pieza:

Media = 8.01 seg.

Desv. Estándar = 2.71 seg.

- **Tiempo Laminar**

La máquina laminadora se utiliza en tres programas principalmente, el número 5, 6 y el 9. El programa 5 es utilizado para laminar las piezas con lámina normal. El programa 9 se utiliza para laminar los dos primeros lados opuestos de una pieza con canto duro. Estos dos primeros programas tiene la misma velocidad de laminar por esta razón, el primer grupo de datos a analizar son los obtenidos en estos dos programas considerando en el análisis de regresión el tipo de canto para ver si éste puede influir en el tiempo. Adicionalmente, se analizó un segundo grupo que son las piezas laminadas en el programa 6. Este programa tiene una velocidad más lenta de laminar ya que funciona un motor adicional en la máquina para poder redondear las esquinas de la pieza. Todas estas piezas son laminadas con canto duro su segundo par de lados. Existe un cuarto programa, el número 10, que se utiliza en menor frecuencia para redondear los extremos de sus dos lados laminados. Este programa solamente se utiliza para las puertas Lisboa que tienen dos de sus laterales totalmente redondeados.

Para sustentar lo dicho anteriormente, a continuación, se presentan un gráfico de dispersión (figura 3.3.2) que demuestra las diferencias en el tiempo de laminar según el tipo de canto que se utiliza, donde 1 es el canto normal y 2 es el canto duro. El segundo gráfico de dispersión (figura 3.3.3) muestra que no existe diferencia en el programa para el canto duro y en el programa utilizado para redondear las esquinas, por lo que no es necesario referirse en este último programa como un tercer tipo de canto.

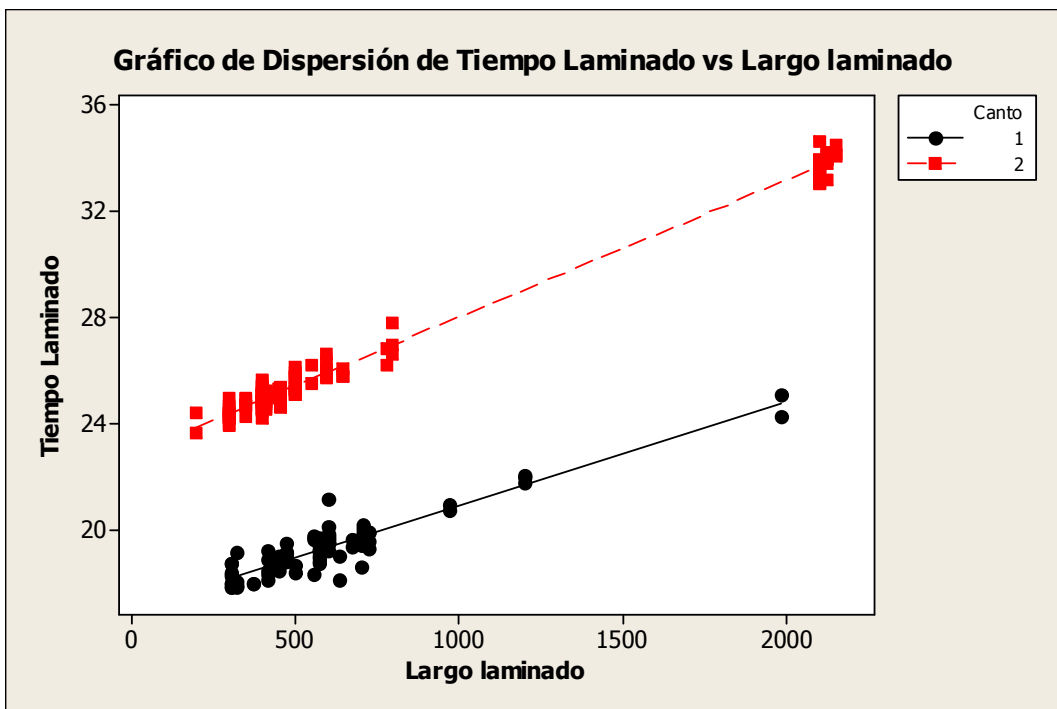
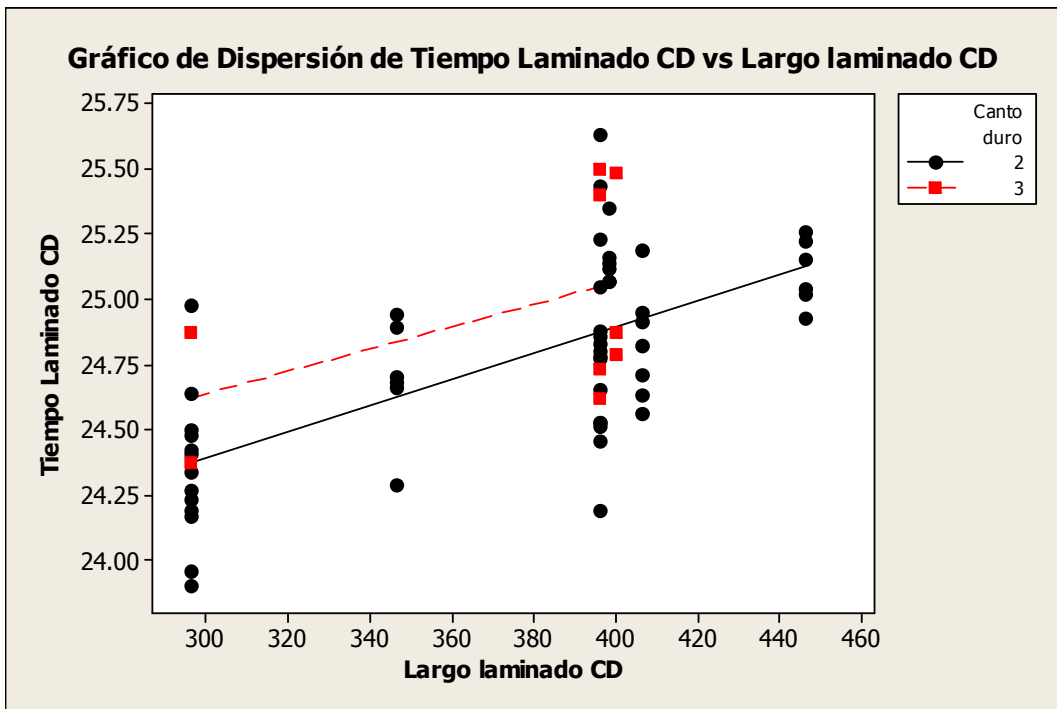


FIGURA 3.3.2: Gráfico de Dispersión de Tiempo de Laminado versus Largo de Laminado



A continuación en las tablas 3.3.1 y 3.3.2, se presenta el análisis del proceso Laminar en cada uno de los programas mencionados.

Tiempo Laminar Lámina Normal y Canto Duro (2 primeros lados de la pieza en el programa 5 y 9 respectivamente)

Análisis de Regresión: Tiempo Laminar versus Largo laminado, Canto

The regression equation is

Tiempo Laminar = 17.2 + 0.00398 Largo laminado - 0.165 Canto

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	17.2196	0.1657	103.92	0.000
Largo laminado	0.0039806	0.0001594	24.97	0.000
Canto	-0.1653	0.1153	-1.43	0.156

S = 0.414962 R-Sq = 89.6% R-Sq(adj) = 89.3%

PRESS = 13.7220 R-Sq(pred) = 88.62%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	2	108.019	54.009	313.66	0.000
Residual Error	73	12.570	0.172		
Lack of Fit	16	3.560	0.222	1.41	0.171
Pure Error	57	9.011	0.158		
Total	75	120.589			

TABLA 3.3.1: Análisis de Regresión de Tiempo Laminar versus Largo Laminado considerando el tipo de canto

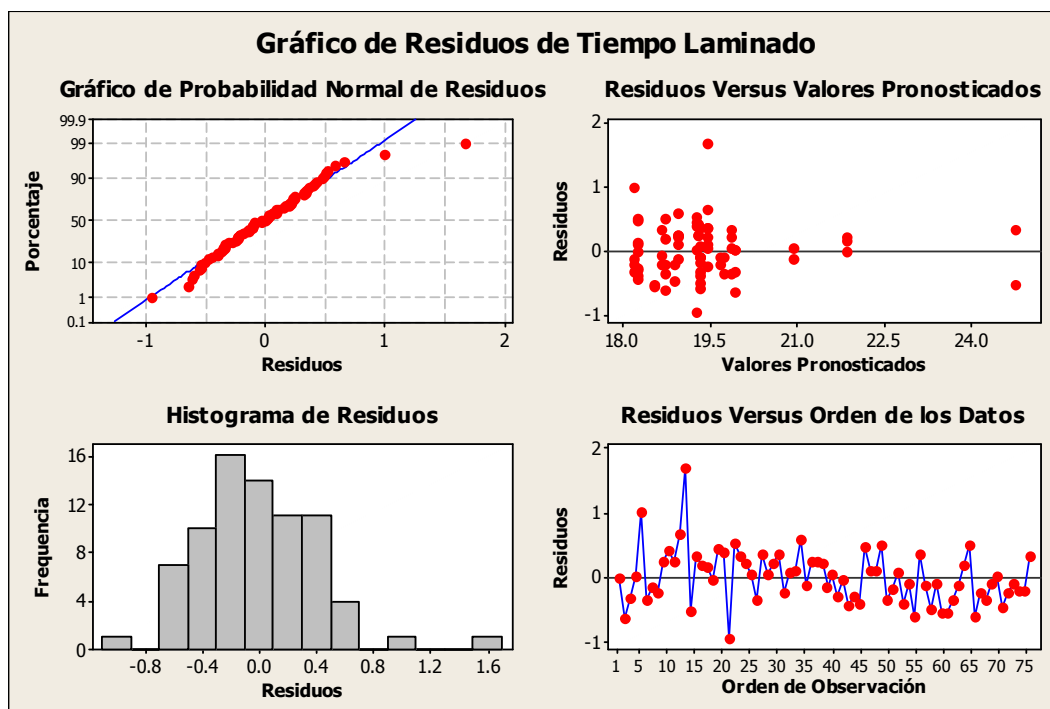


FIGURA 3.3.4: Gráfico de Residuos para Tiempo de Laminar considerando el tipo de canto

Se puede observar en el análisis de la tabla 3.3.1 que el tipo de canto es no significativo debido a que el valor P es mayor al nivel alfa de 0.05 establecido. Se puede corroborar el hecho de en ambos programas de la máquina (5 y 9) la velocidad de laminar es la misma. Por lo tanto, de la ecuación proporcionada por MINITAB en este caso, no se tomará en cuenta el tipo de canto para el modelado de la ecuación de tiempo de laminar. Por ende, la ecuación para laminar con lámina normal y para los dos primeros lados al laminar con canto duro, resulta de la siguiente forma:

$$\text{Tiempo laminar} = 17.2 + 0.00398 * (\text{largo de laminado}) \text{ seg.}$$

Tiempo laminar canto duro (2 lados restantes)

Análisis de Regresión: Tiempo Laminar CD versus Largo laminado CD

The regression equation is

Tiempo Laminar CD = 22.9 + 0.00516 Largo laminado CD

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	22.8516	0.0490	466.43	0.000
Largo laminado CD	0.00515575	0.00004551	113.29	0.000

S = 0.339334 R-Sq = 99.2% R-Sq(adj) = 99.1%

PRESS = 13.1844 R-Sq(pred) = 99.12%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	1478.0	1478.0	12835.76	0.000
Residual Error	110	12.7	0.1		
Lack of Fit	15	1.9	0.1	1.13	0.344
Pure Error	95	10.8	0.1		
Total	111	1490.7			

TABLA 3.3.2: Análisis de Regresión de Tiempo Laminar versus Largo Laminado (Canto Duro)

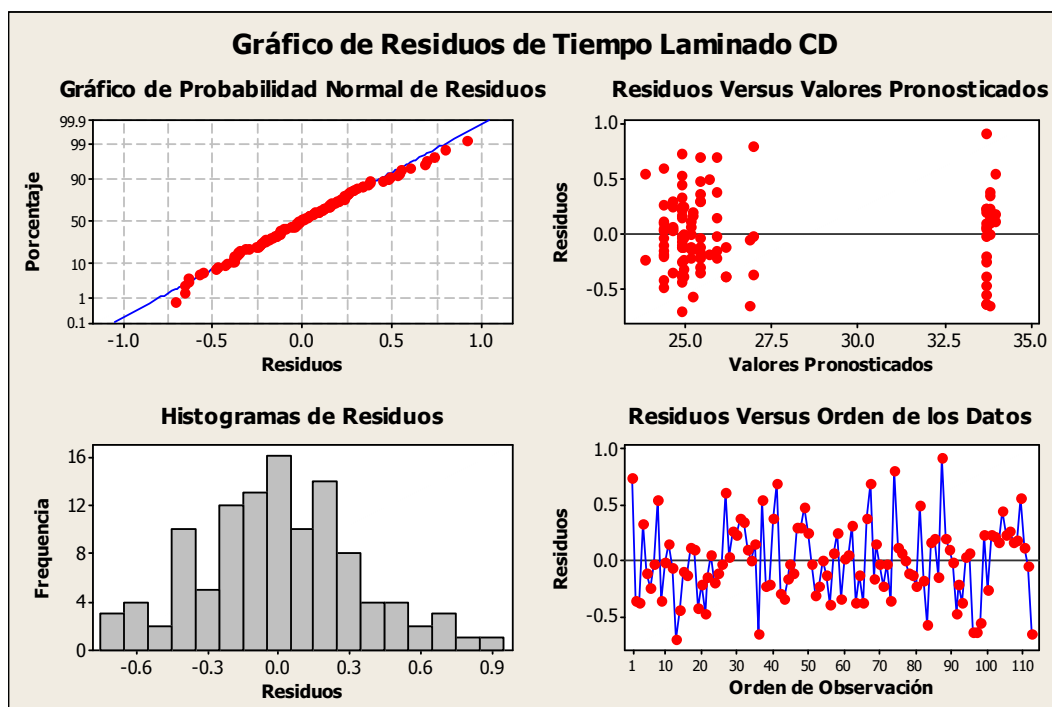


FIGURA 3.3.5: Gráfico de Residuos de Tiempo Laminar con Canto Duro

Se puede observar en el análisis presentado en la tabla 3.3.2 que el tiempo de laminar con canto duro sigue una distribución normal y depende del largo del lado laminado. En el gráfico de los residuos de la figura 3.3.5 se observa que no se presenta ningún patrón y el “lack of fit” no es significativo, por lo que se valida el modelo y se puede utilizar la siguiente ecuación para el estudio de tiempos.

$$\text{Tiempo laminar canto duro} = 22.9 + 0.00516 (\text{Largo laminado CD}) \text{ seg.}$$

- **Tiempo Arreglar Esquinas de Pieza**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.3.6.

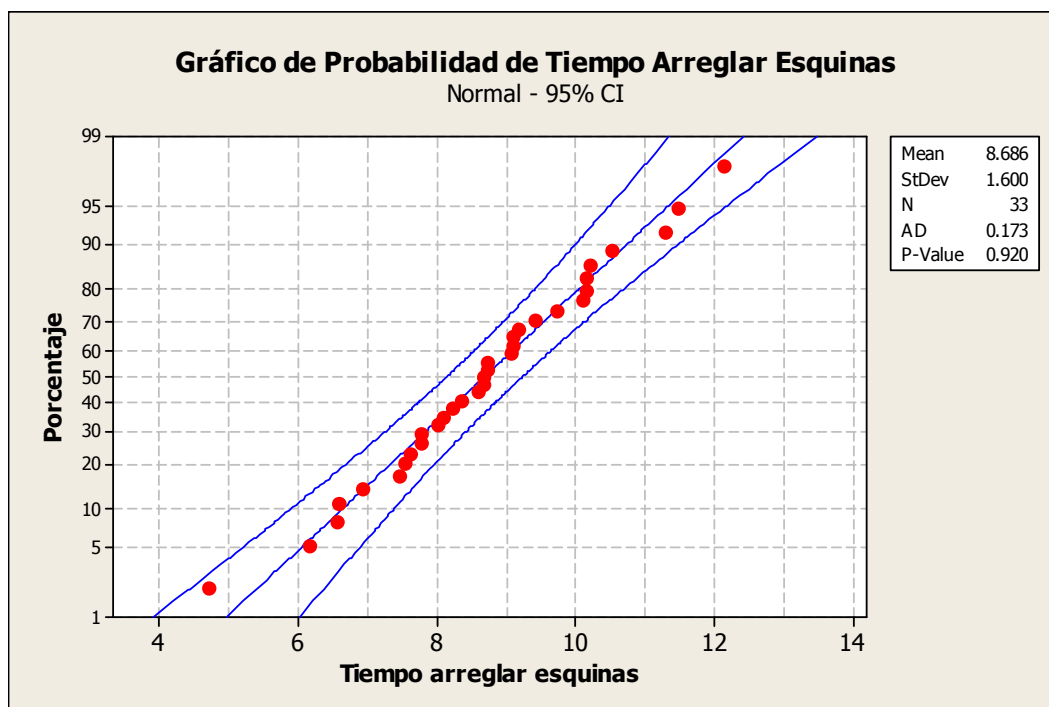


FIGURA 3.3.6: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Arreglar Esquinas

Los datos tomados de esta operación presentan una distribución normal ya que el valor P dado por MINITAB (figura 3.3.6) es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se determina que el tiempo de arreglar esquinas estará dado por:

Tiempo arreglar esquinas:

Media = 8.69 seg.

Desv. Estándar = 1.6 seg.

- **Tiempo Operario Deja Pieza**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.3.7.

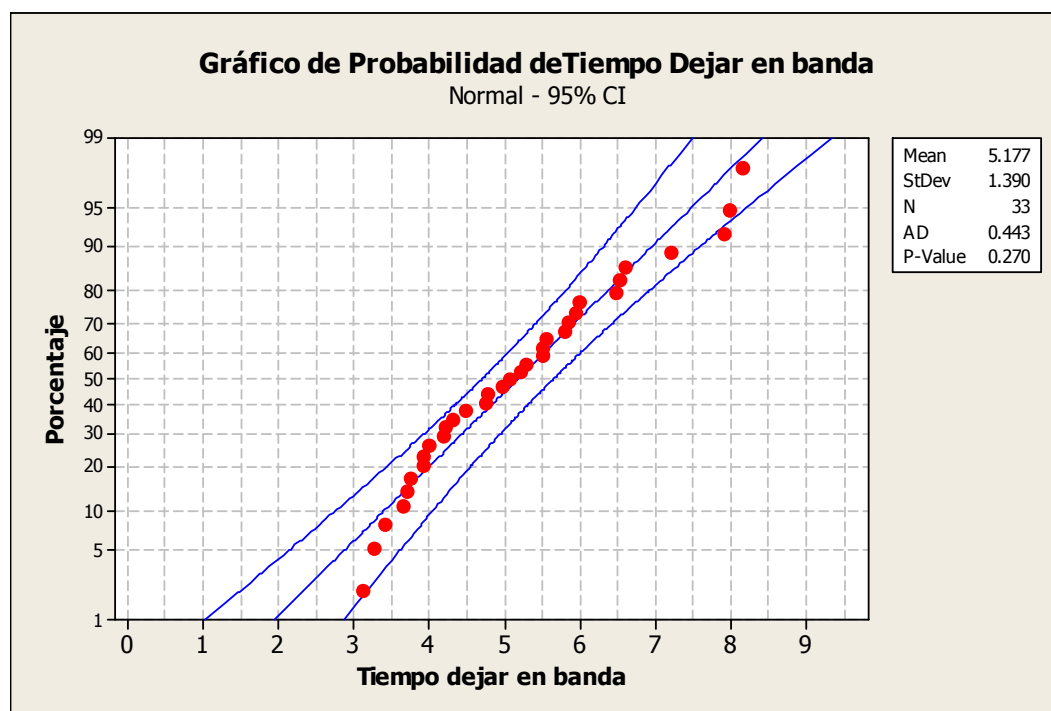


FIGURA 3.3.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza

Los datos tomados de la operación de dejar la pieza en la banda transportadora presentan una distribución normal ya que el valor P, dado por MINITAB (figura 3.3.7), es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se determina que el tiempo de esta operación estará dado por:

Tiempo dejar pieza:

Media = 5.18 seg.

Desv. Estándar = 1.39 seg.

3.3.2 Ecuación de tiempos estándar del proceso Laminar

Una vez encontradas todas las ecuaciones de las principales operaciones de este proceso se puede proseguir a formular una ecuación de tiempo de todo el proceso. Primero se determinan las variables y constantes, para luego formular la ecuación deseada.

- Variables:
 - o Largo de lados
 - o Número de lados laminados
 - o Tipo lámina (X)

- Constantes:
 - o Tiempo coger pieza de la banda:
Media = 8.01 seg.
Desv. Estándar = 2.71 seg.
 - o Tiempo dejar pieza en la banda:
Media = 5.18 seg.
Desv. Estándar = 1.39 seg.
 - o Tiempo arreglar esquinas:
Media = 8.69 seg.
Desv. Estándar = 1.6 seg.

Tiempo Estándar Proceso Laminar por pieza:

$$\begin{aligned} \text{Media} = & [(17.2 + 0.00398 \text{ largo lado1}) + 8.01 + 5.18] * \text{número} \\ & \text{ lados1 laminados} + [(17.2 + 0.00398 \text{ largo lado2}) + 8.01 + 5.18] * \text{número lados2} \\ & \text{laminados} * (1 - X) + [(22.9 + 0.00516 \text{ largo lado2}) + 8.01 + 5.18] * \text{número lados2} \\ & \text{laminados} * X + 8.69 * X \text{ seg.} \end{aligned}$$

$$\text{Desv. Estándar} = ((2.71^2 + 1.39^2) * \text{número de lados laminados} + (1.6^2) * X)^{1/2} \text{ seg.}$$

Donde X es una variable binaria 0 si es lámina normal y 1 si es canto duro

Tiempo Lámina Normal:

$$\text{Media} = 30.39(\text{número lados laminados}) + 0.00398(\text{largo laminado total}) \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = 3.04(\text{número lados laminados}^{1/2}) \text{ seg.}$$

Tiempo Lámina Canto Duro:

$$\begin{aligned} \text{Media} = & (30.39 + 0.00398 \text{ largo lado1}) * \text{número lados1 laminados} + (36.09 + 0.00516 \\ & \text{largo lado2}) * \text{número lados2 laminados} + 8.69 \text{ seg.} \end{aligned}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (9.27 * \text{número de lados laminados} + 2.56)^{1/2} \text{ seg.}$$

Ecuaciones Finales Proceso Laminar:

$$\begin{aligned} \text{Tiempo Lámina Normal} = & 30.39 * \text{número lados laminados} + 0.00398 * \text{largo} \\ & \text{laminado total} + 5 * (\text{número lados laminado}^{1/2}) \text{ seg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tiempo Lámina Canto Duro} = & (30.39 + 0.00398 \text{ largo lado1}) * \\ & \text{número lados1 laminados} + (36.09 + 0.00516 \text{ largo} \\ & \text{lado2}) * \text{número lados2 laminados} + 8.69 + 1.64 * \\ & (9.27 * \text{número de lados laminados} + 2.56)^{1/2} \text{ seg.} \end{aligned}$$

3.4 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO PERFORAR

3.4.1 Análisis por operaciones del proceso de Perforar

Para determinar los tiempos estándar del proceso de perforación, se identificó por medio del flujograma del proceso cinco operaciones esenciales que deben ser consideradas para este estudio de tiempos. Estas operaciones son el coger la pieza, perforar, dar la vuelta la pieza, mover la pieza o deslizarla sobre la mesa de perforación y dejar la pieza en la mesa o en la banda transportadora que se encuentran junto a la máquina perforadora. En la toma de datos se registró las distintas piezas perforadas y se las agrupó según sus dimensiones y secuencia de perforación. Se decidió realizar gráficos de probabilidad, para cada una de las operaciones mencionadas, de estos grupos de piezas para determinar si existe alguna relación entre los distintos grupos. Los gráficos de probabilidad se presentan a continuación en las figuras 3.4.1, 3.4.2, 3.4.3 y 3.4.4.

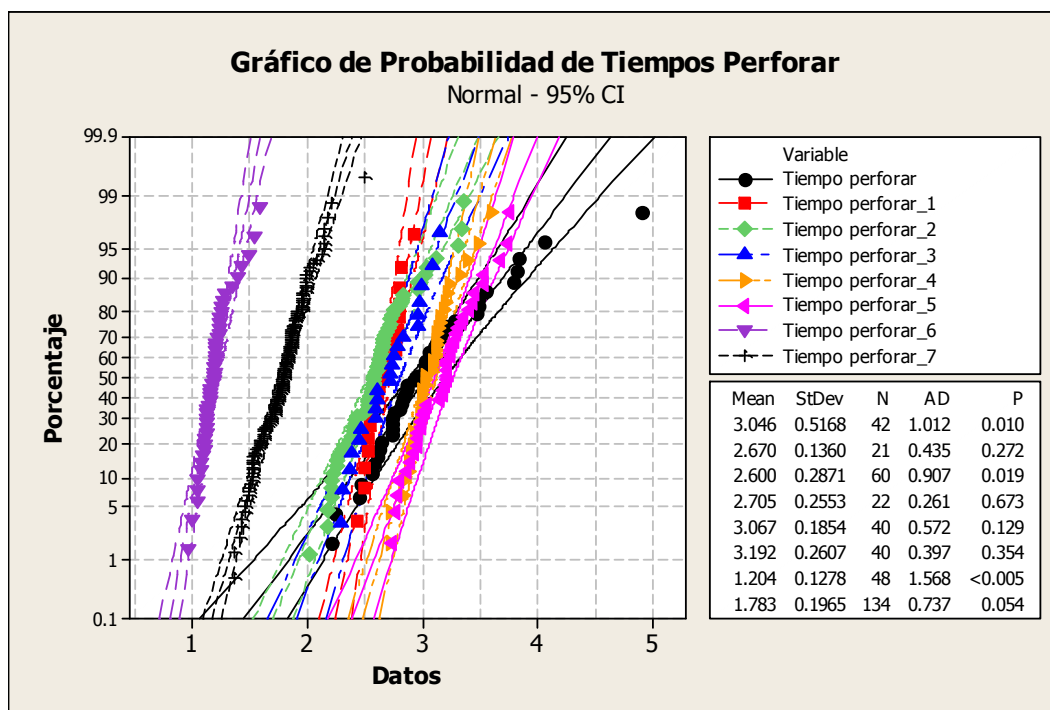


FIGURA 3.4.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Perforar

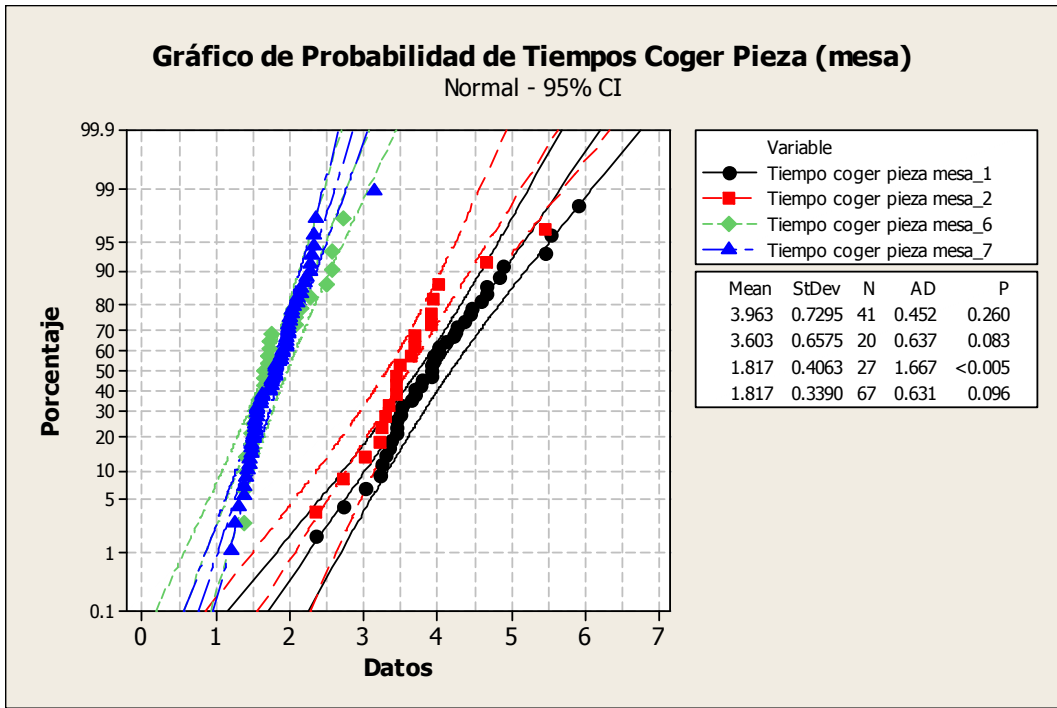


FIGURA 3.4.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger Pieza (de la mesa)

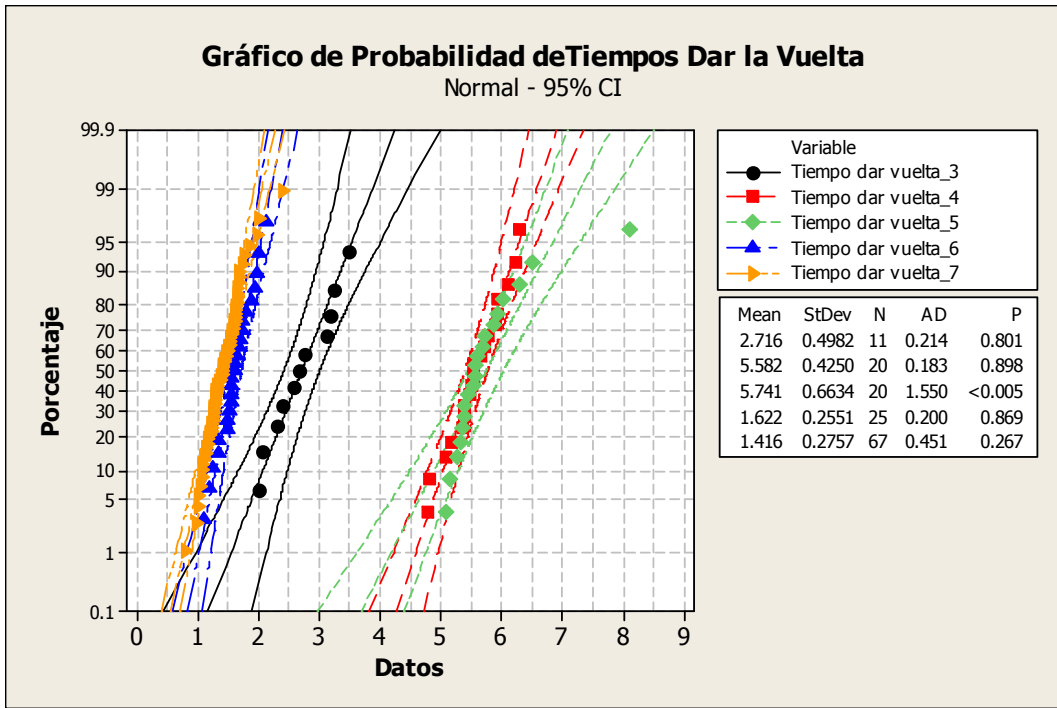


FIGURA 3.4.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Dar la Vuelta

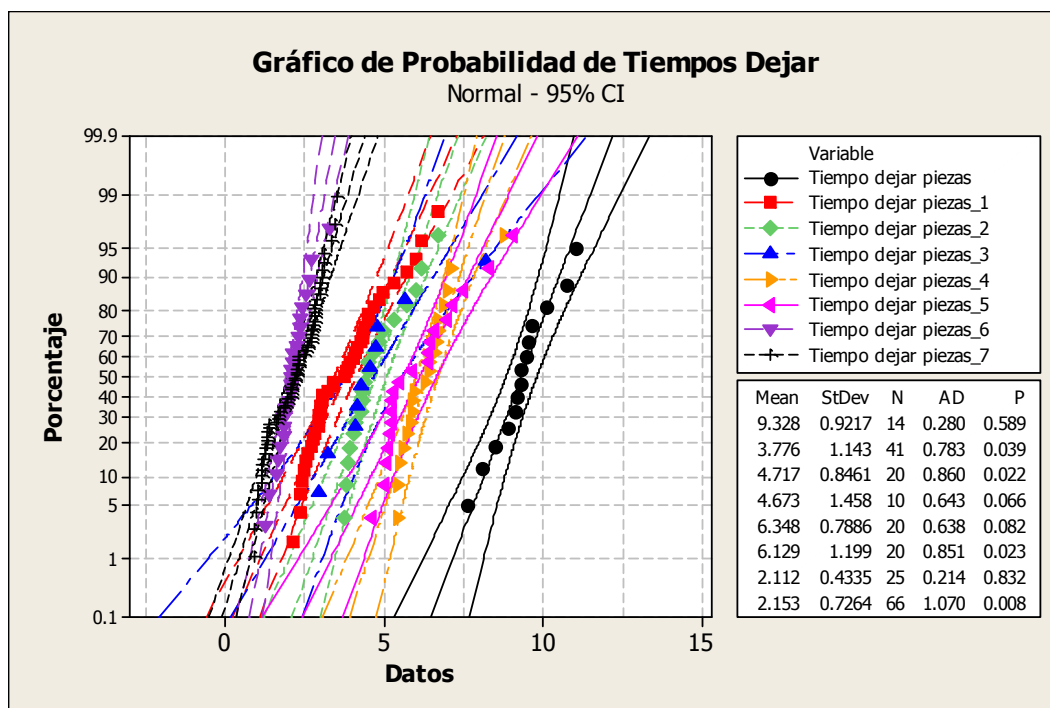


FIGURA 3.4.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Dejar

Al observar los gráficos de probabilidad de la figura 3.4.1 a la figura 3.4.4, se logró identificar que existen relaciones en las operaciones de coger pieza, mover pieza, dar la vuelta y dejar pieza, entre las piezas con similares características. Por lo tanto se clasificó, las piezas en los siguientes grupos. Las piezas nombradas como grandes que tienen dimensiones mayores a 130 cm. También piezas que no son ajustes y tiene dimensiones entre 60cm a 130cm, nombradas como piezas medianas y las piezas que son ajustes son clasificadas como piezas pequeñas. Se prosiguió a agrupar las piezas según esta clasificación y se realizó nuevamente gráficos de probabilidad de las cuatro operaciones mencionadas como se muestra a continuación en las figuras de la 3.4.5 a la 3.4.8. Es importante notar que la operación perforar se agrupo de distinta manera ya que había relación entre las piezas grandes y medianas y existía diferencia solamente con las pequeñas por lo que se dividió en dos análisis esta operación.

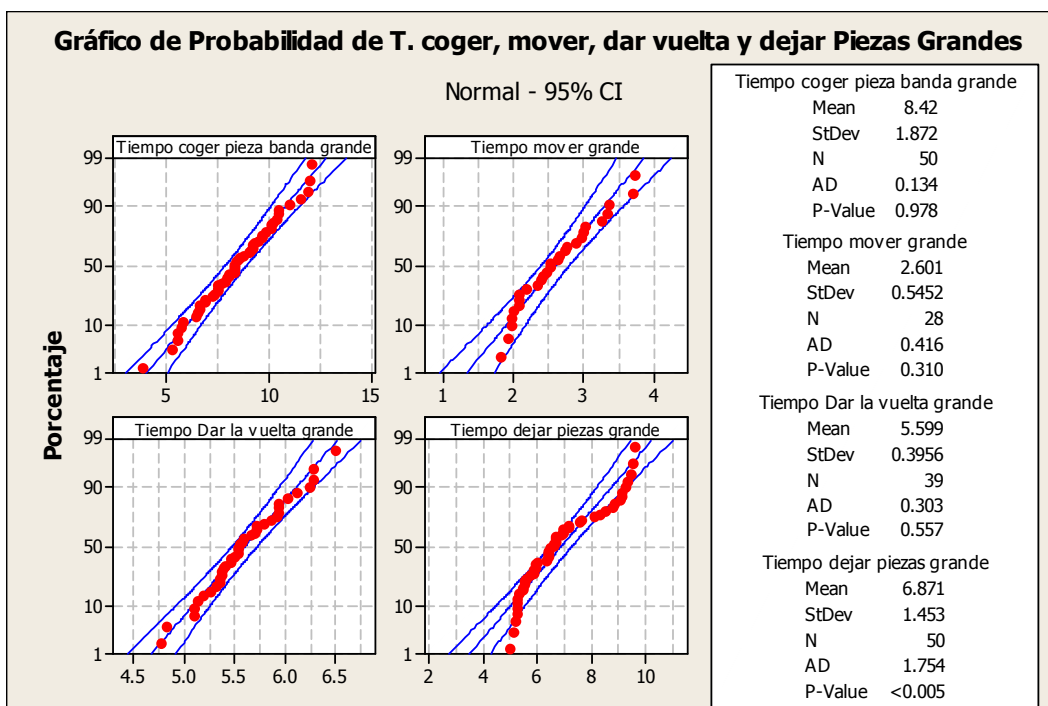


FIGURA 3.4.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Mover, Dar la Vuelta y Dejar Piezas Grandes

Se puede observar, en la figura 3.4.5, que en la clasificación de las piezas grandes, los datos de cada una de las operaciones siguen una distribución normal con excepción de la operación dejar piezas. Se determinó que en la operación dejar tiene una gran variación debido a que muchas veces el operador tarda más tiempo acomodando correctamente las piezas en la banda que en otras ocasiones. Considerando lo mencionado, se decidió utilizar la media de esta operación como válida para el estudio de tiempos en este caso. Por lo tanto, se resume los tiempos de las operaciones con sus respectivas desviaciones estándar.

Coger pieza grande:

Media = 8.42 seg.

Desv. Estándar = 1.872 seg.

Mover pieza grande:

Media = 2.601 seg.

Desv. Estándar = 0.5452 seg.

Dar la vuelta pieza grande:

Media = 5.599 seg.

Desv. Estándar = 0.3956 seg.

Dejar pieza grande:

Media = 6.871 seg.

Desv. Estándar = 1.453 seg.

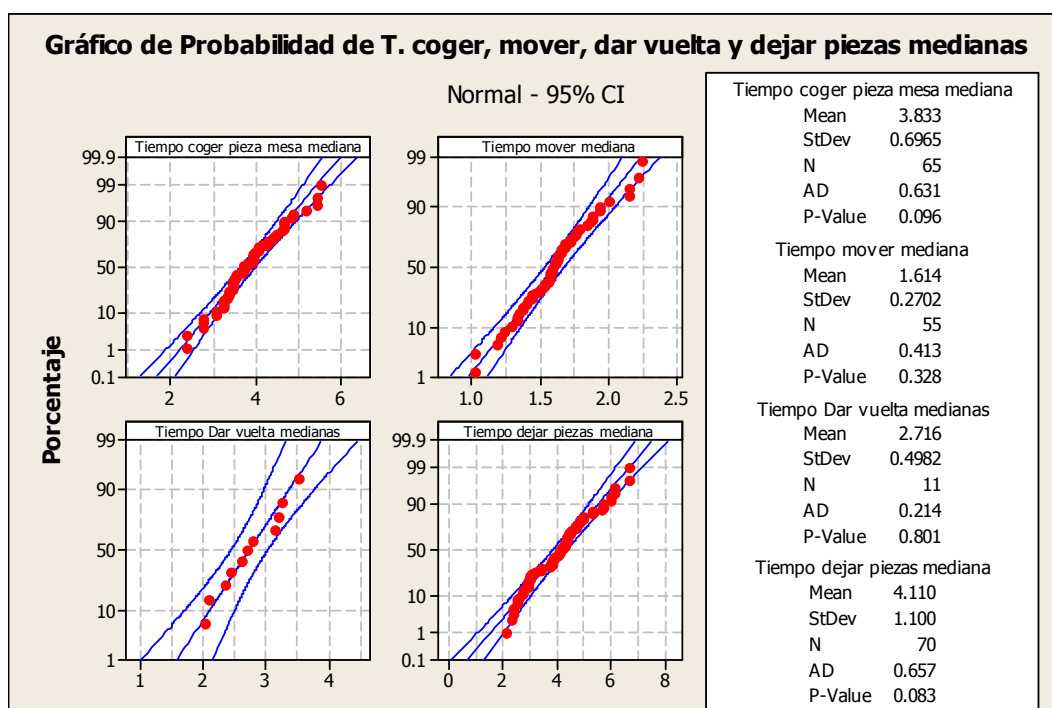


FIGURA 3.4.6: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Mover, Dar la Vuelta y Dejar Piezas Medianas

Se puede observar, en la figura 3.4.6, que en la clasificación de las piezas medianas, los datos de cada una de las operaciones siguen una distribución normal. A pesar de que no se logró obtener muchos datos para la operación dar la vuelta, debido a que no se realiza esta operación muy a menudo, junto al gerente de producción se decidió validar el análisis obtenido. Por lo tanto, se resume a continuación los tiempos de las operaciones con sus respectivas desviaciones estándar.

Coger pieza mediana:

Media = 3.833 seg.

Desv. Estándar = 0.6965 seg.

Mover pieza mediana:

Media = 1.614 seg.

Desv. Estándar = 0.2702 seg.

Dar la vuelta pieza mediana:

Media = 2.716 seg.

Desv. Estándar = 0.4982 seg.

Dejar pieza mediana:

Media = 4.11 seg.

Desv. Estándar = 1.1 seg.

Para analizar si los datos de la operación perforar siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.4.7.

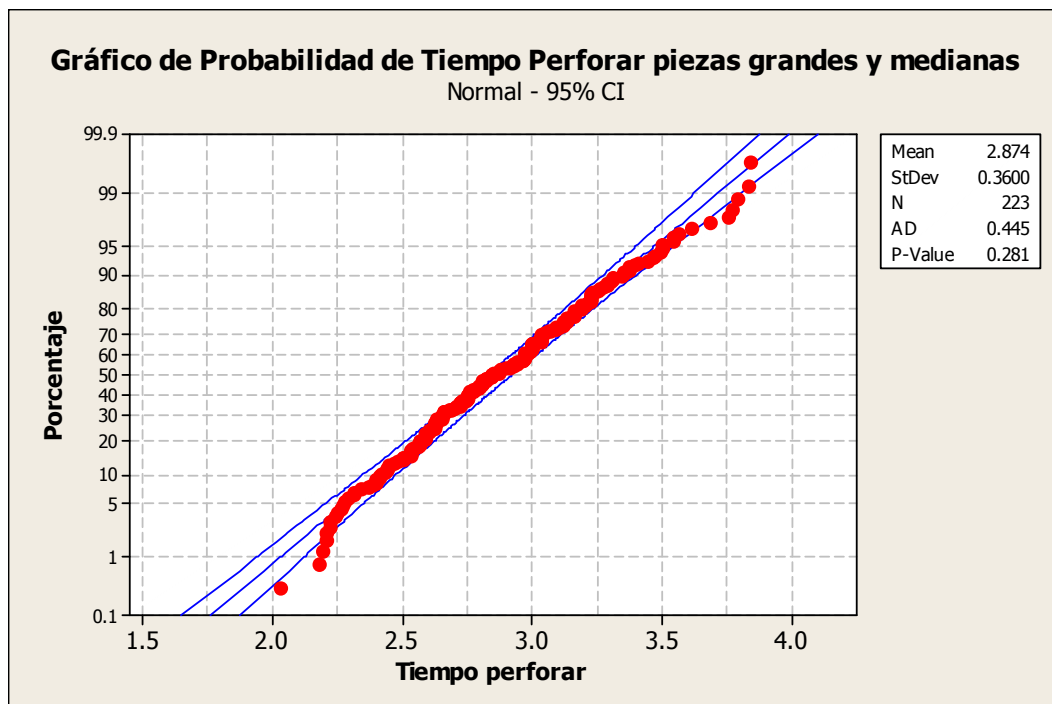


FIGURA 3.4.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Perforar Piezas Grandes y Medianas

Se puede observar en la figura 3.4.7 que en los datos siguen una distribución normal y por lo tanto se valida el análisis y se utilizará la siguiente media y desviación estándar para el estudio de tiempos.

Perforar pieza grande o mediana:

Media = 2.874 seg.

Desv. Estándar = 0.36 seg.

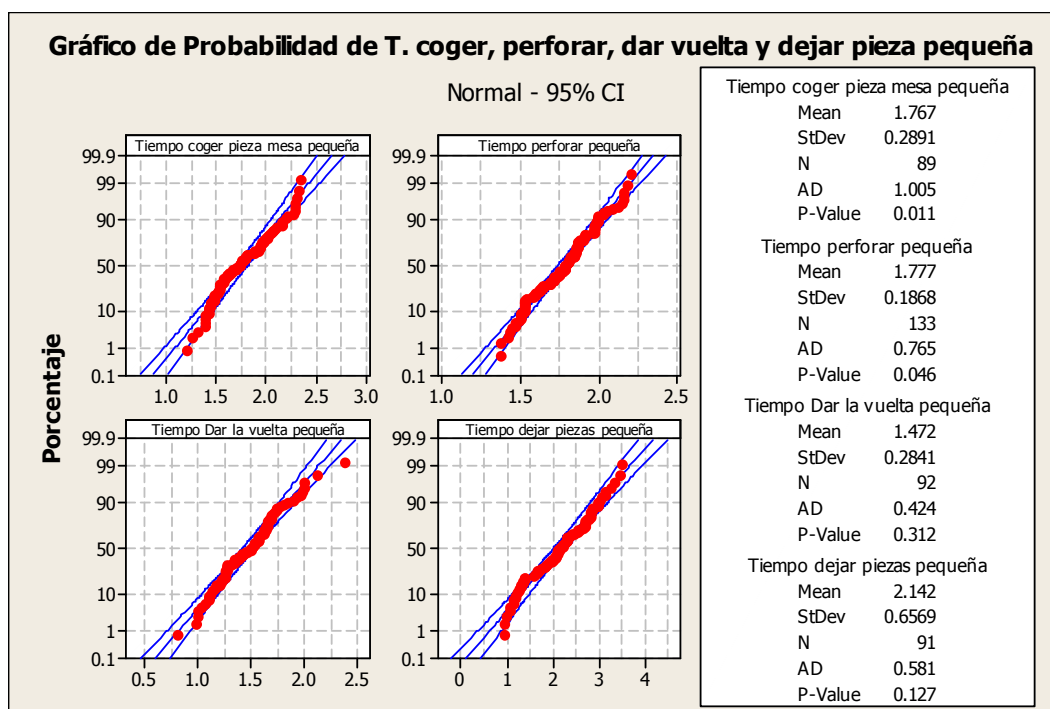


FIGURA 3.4.8: Gráfico de Probabilidad de Tiempos de Coger, Perforar, Dar la Vuelta y Dejar Piezas Pequeñas

Los gráficos de probabilidades, presentados en la figura 3.4.8, muestran que los datos siguen una distribución normal en las operaciones de perforar, dar la vuelta y dejar. El análisis en MINITAB muestra que la operación de coger no sigue una distribución normal pero se considera que debido a que los tiempos son pequeños en este caso, el error debido a la

precisión en el momento de la medición es alto. Al observar la desviación estándar que es sumamente pequeña se podría considerar que el tiempo es casi constante y como se mencionó el error introducido se considera que se debe en su mayoría al sistema de medición. Por esta razón, se decidió utilizar los datos encontrados para el estudio de tiempos de este proceso. A continuación se presenta los tiempos de las operaciones con sus respectivas desviaciones estándar.

Coger pieza pequeña:

Media = 1.767 seg.

Desv. Estándar = 0.2891 seg.

Perforar pieza pequeña:

Media = 1.777 seg.

Desv. Estándar = 0.1868 seg.

Dar la vuelta pieza pequeña:

Media = 1.472 seg.

Desv. Estándar = 0.2841 seg.

Dejar pieza pequeña:

Media = 2.142 seg.

Desv. Estándar = 0.6569 seg.

3.4.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Perforar

Para determinar las ecuaciones finales de tiempo estándar del proceso de perforado se realizó la siguiente clasificación: perforado 1 golpe, perforado 1 vuelta (2 golpes) y perforado varias filas (desplazamiento). Se clasificó de esta manera debido a que no todas las piezas en el proceso de perforación reciben más de una secuencia de perforación, mediante desplazamiento o por dar la vuelta la pieza. Por lo tanto se prosiguió a determinar las ecuaciones de la forma mostrada a continuación.

Tiempo proceso perforar 1 golpe:

Piezas pequeñas:

$$\text{Media} = 1.767 + 1.777 + 2.142 = 5.686 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (0.2891^2 + 0.1868^2 + 0.6569^2)^{1/2} = 0.7416 \text{ seg.}$$

Piezas medianas:

$$\text{Media} = 3.833 + 2.874 + 4.11 = 10.817 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (0.6965^2 + 0.36^2 + 0.11^2)^{1/2} = 0.7917 \text{ seg.}$$

Piezas grandes:

$$\text{Media} = 8.42 + 2.874 + 6.871 = 18.165 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (1.872^2 + 0.36^2 + 1.453^2)^{1/2} = 2.3969 \text{ seg.}$$

Tiempo proceso perforar 1 vuelta (2 golpes):

Piezas pequeñas:

$$\text{Media} = 1.767 + 1.777 + 1.472 + 1.777 + 2.142 = 8.935 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (0.2891^2 + 0.1868^2 + 0.2841^2 + 0.1868^2 + 0.6569^2)^{1/2} = 0.8158 \text{ seg.}$$

Piezas medianas:

$$\text{Media} = 3.833 + 2.874 + 2.716 + 2.874 + 4.11 = 16.407 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (0.6965^2 + 0.36^2 + 0.4982^2 + 0.36^2 + 0.11^2)^{1/2} = 1.002 \text{ seg.}$$

Piezas grandes:

$$\text{Media} = 8.42 + 2.874 + 5.599 + 2.874 + 6.871 = 26.638 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (1.872^2 + 0.36^2 + 0.3956^2 + 0.36^2 + 1.453^2)^{1/2} = 2.4559 \text{ seg.}$$

Tiempo proceso perforar varias filas (corrido):

Piezas medianas:

$$\begin{aligned} \text{Media} &= 3.833 + 2.874 (\text{número de filas perforadas}) + 1.614(\text{número de filas perforadas}) + \\ &4.11 = 7.943 + 4.488(\text{número de filas perforadas}) \text{ seg.} \end{aligned}$$

Desv. Estándar = $(0.6965^2 + 0.36^2 (\text{número de filas perforadas}) + 0.2702^2 (\text{número de filas perforadas}) + 0.11^2)^{1/2} = (0.4972 + 0.2026(\text{número de filas perforadas}))^{1/2}$ seg.

Piezas grandes:

Media = $8.42 + 2.874 (\text{número de filas perforadas}) + 2.601(\text{número de filas perforadas}) + 6.871 = 15.29 + 5.475 (\text{número de filas perforadas})$ seg.

Desv. Estándar = $(1.872^2 + 0.36^2 (\text{número de filas perforadas}) + 0.5452^2 (\text{número de filas perforadas}) + 1.453^2)^{1/2} = (5.615 + 0.4268(\text{número de filas perforadas}))^{1/2}$ seg.

Ecuaciones Finales Tiempos Estándar Proceso Perforar:

Tiempo proceso perforar 1 golpe:

Piezas pequeñas = $5.686 + 1.64(0.7416) = 6.9$ seg.

Piezas medianas = $10.817 + 1.64(0.7917) = 12.07$ seg.

Piezas grandes = $18.165 + 1.64(2.3969) = 22.1$ seg.

Tiempo proceso perforar 1 vuelta (2 golpes):

Piezas pequeñas = $8.935 + 1.64(0.8158) = 10.27$ seg.

Piezas medianas = $16.407 + 1.64(1.002) = 18.05$ seg.

Piezas grandes = $26.638 + 1.64(2.4559) = 30.67$ seg.

Tiempo proceso perforar varias filas (desplazamiento):

Piezas medianas = $7.943 + 4.488(\text{número de filas perforadas}) + 1.64((0.4972 + 0.2026(\text{número de filas perforadas}))^{1/2})$ seg.

Piezas grandes = $15.29 + 5.475 (\text{número de filas perforadas}) + 1.64((5.615 + 0.4268(\text{número de filas perforadas}))^{1/2})$ seg.

3.5 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO ACANALAR

3.5.1 Análisis por operaciones del proceso de Acanalar

Al observar el flujograma del proceso de acanalar se puede determinar tres operaciones principales que refieren los tiempos de este proceso. Estas operaciones involucran el tiempo que toma el operario en coger las piezas de la banda transportadora que se encuentra junto a la máquina de acanalar, el tiempo que la máquina se demora en acanalar cada pieza y el tiempo necesario para que el operario coloque la pieza acanalar en la banda transportadora junto a la máquina. A continuación se presenta el análisis realizado para determinar el tiempo de cada una de las tareas mencionadas.

- **Tiempo Coger Pieza**

Para analizar esta operación se realizó un gráfico de probabilidad (figura 3.5.1)

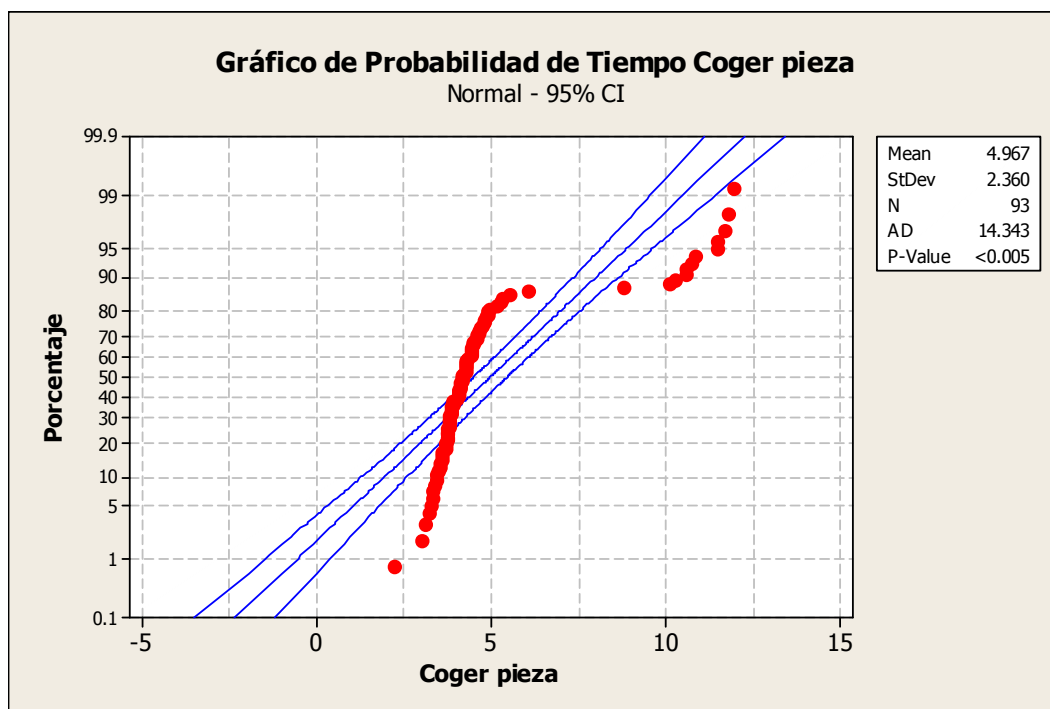


FIGURA 3.5.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza

En la figura 3.5.1 proporcionada por MINITAB se evidencia la existencia de dos poblaciones. Al analizar los datos tomados del tiempo que se demora el operario en coger las piezas que se van acanalar, se encuentra que los tiempos altos pertenecen a las piezas grandes que son piezas con dimensiones mayores a 130cm (laterales closet). Por esta razón se decidió separar los datos en dos grupos según sus dimensiones. Por lo tanto se tiene los grupos de piezas grandes con dimensiones mayores a 130cm y piezas pequeñas con dimensiones menores a 130cm. A continuación, en las figuras 3.5.2 y 3.5.3 se presentan los gráficos de probabilidad de ambos grupos de piezas.

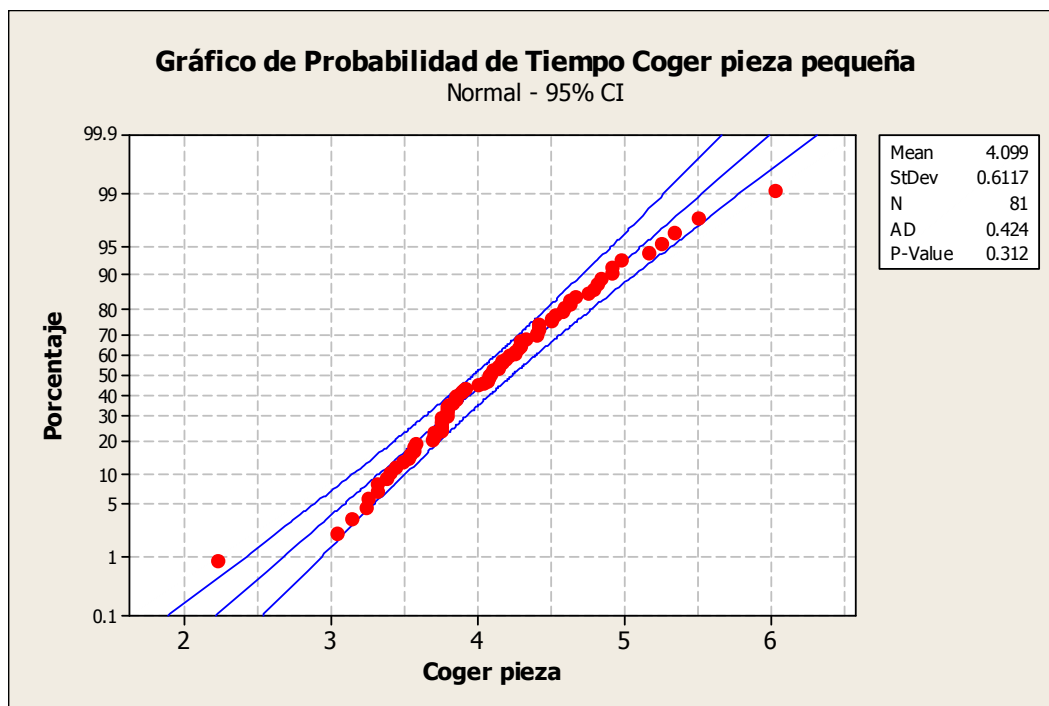


FIGURA 3.5.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza Pequeña

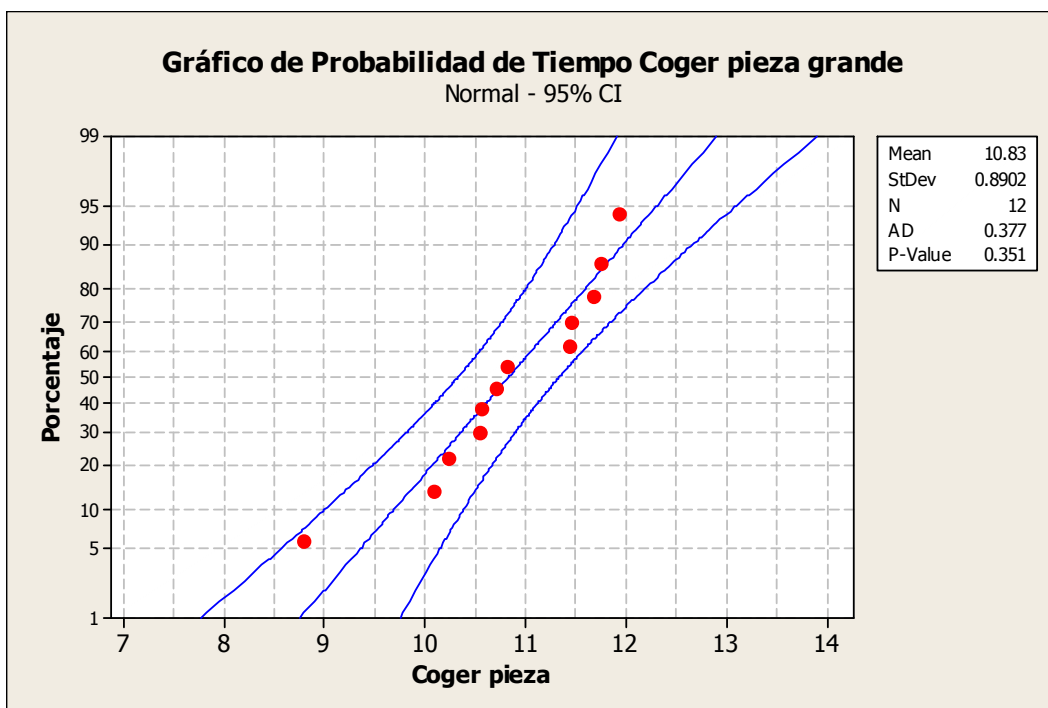


FIGURA 3.5.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Coger Pieza Grande

Se puede observar en las figuras 3.5.2 y 3.5.3 dadas por el software MINITAB que los datos de ambos grupos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor a un nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se valida el estudio realizado y se puede utilizar los siguientes datos para la elaboración de las ecuaciones de tiempo estándar de este proceso.

Coger pieza pequeña:

Media = 4.099 seg.

Desv. Estándar = 0.6117 seg.

Coger pieza grande:

Media = 10.83 seg.

Desv. Estándar = 0.8902 seg.

- **Tiempo Acanalar**

Para analizar si los datos de esta operación tienen alguna relación entre factores se realizó un gráfico de dispersión presentado en la figura 3.5.4.

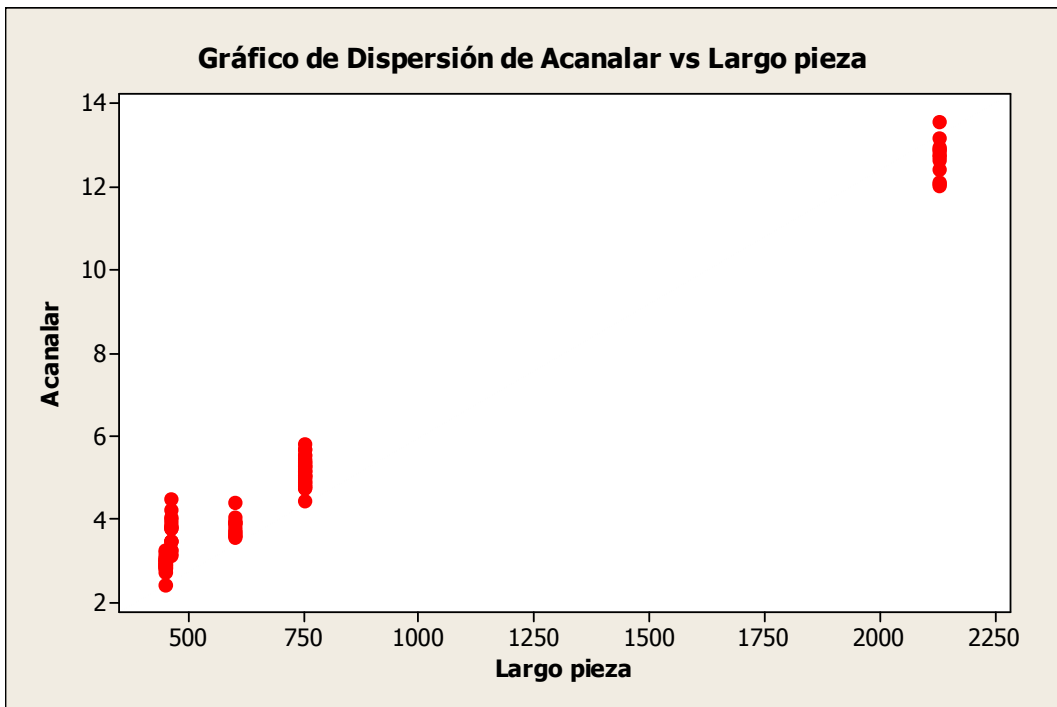


FIGURA 3.5.4: Gráfico de Dispersión Acanalar versus Largo de Pieza

El gráfico de dispersión de la figura 3.5.4 evidencia una relación aparentemente lineal entre el tiempo de acanalar y el largo de la pieza por lo que se decide realizar un análisis de regresión presentada en la tabla 3.5.1.

Análisis de Regresión: Acanalar versus Largo pieza

The regression equation is
 Acanalar = 0.768 + 0.00563 Largo pieza

Predictor	Coef	SE Coef	T	P
Constant	0.76846	0.07741	9.93	0.000
Largo pieza	0.00562885	0.00008108	69.42	0.000

S = 0.414122 R-Sq = 98.1% R-Sq(adj) = 98.1%

PRESS = 16.3977 R-Sq(pred) = 98.05%

Analysis of Variance

Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	1	826.51	826.51	4819.35	0.000
Residual Error	91	15.61	0.17		
Lack of Fit	3	6.59	2.20	21.42	0.000
Pure Error	88	9.02	0.10		
Total	92	842.11			

TABLA 3.5.1: Análisis de Regresión de Acanalar versus Largo de Pieza

Como se observa en la tabla 3.51, a pesar de tener un “lack of fit” significativo, se tomará en cuenta este modelo debido al alto nivel de ajuste (98.1%), por lo que se cree que la variación causante del “lack of fit” se debe a factores que no son de interés. Por lo tanto, se considera factible utilizar la ecuación presentada por MINITAB en la tabla 3.5.1. Es importante tomar en cuenta que ya que el “lack of fit” es significativo se considerará la desviación estándar del modelo dentro del desarrollo de las ecuaciones de tiempo estándar de este proceso.

$$\text{Acanalar} = (0.768 + 0.00563 \text{ Largo pieza}) \text{ seg.}$$

$$S = 0.414122 \text{ seg.}$$

- **Tiempo Dejar Pieza**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.5.5.

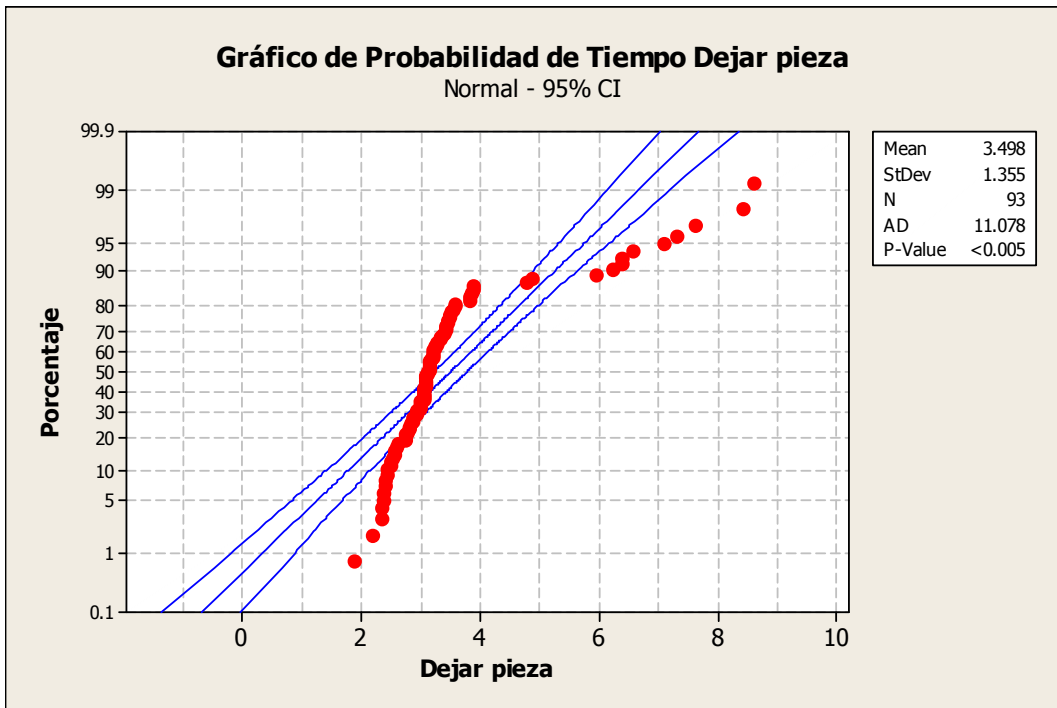


FIGURA 3.5.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza

En la figura 3.5.5 se evidencia la presencia de dos poblaciones, al analizar se encuentra que los tiempos altos pertenecen a las piezas clasificadas anteriormente como grandes. Por esta razón, se decide separar los datos en dos grupos considerados en las secciones previas y realizar el siguiente análisis con gráficos de probabilidad como se muestra a continuación en las figuras 3.5.6 y 3.5.7.

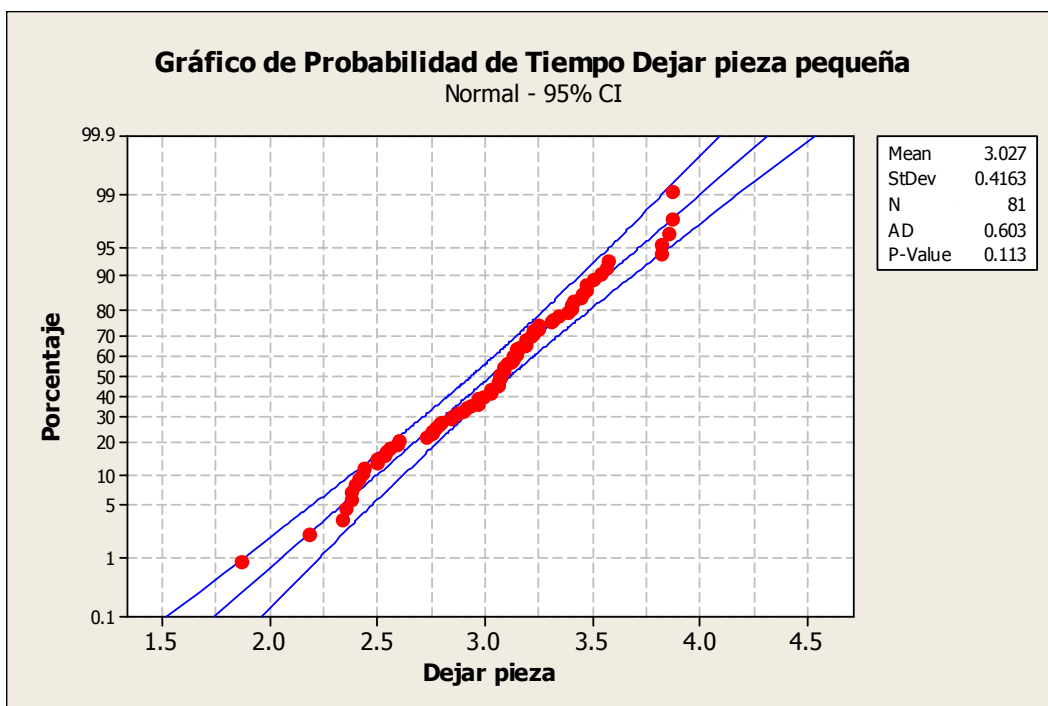


FIGURA 3.5.6: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Pequeña

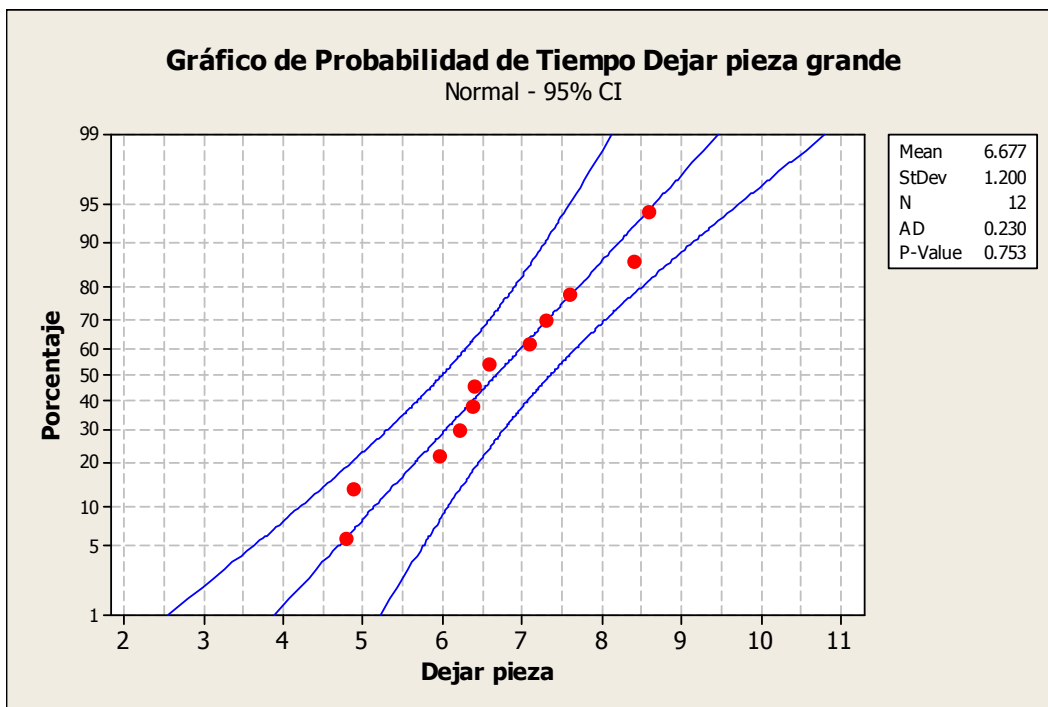


FIGURA 3.5.7: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Grande

En ambos gráficos de probabilidad presentados en las figuras 3.5.6 y 3.5.7, se puede observar que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P dado en ambos gráficos es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se valida el análisis y se utilizará la siguiente media y desviación estándar para el estudio de tiempos.

Dejar pieza pequeña:

$$\text{Media} = 3.027 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = 0.4163 \text{ seg.}$$

Dejar pieza grande:

$$\text{Media} = 6.677 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = 1.2 \text{ seg.}$$

3.5.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Acanalar

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso de acanalar se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establece lo siguiente:

Tiempo proceso Acanalar:

Pieza pequeña:

$$\text{Media} = 2*(4.099 + (0.768 + 0.00563*\text{Largo pieza}) + 3.027) = 15.788 + 0.01126*\text{Largo pieza seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = 2^{1/2}*(0.6117^2 + 0.414122^2 + 0.4163^2)^{1/2} = 1.199 \text{ seg.}$$

Pieza grande:

$$\text{Media} = 2*(10.83 + (0.768 + 0.00563 \text{ Largo pieza}) + 6.677) = 36.55 + 0.01126\text{Largo pieza seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = 2^{1/2}*(0.8902^2 + 0.414122^2 + 1.2^2)^{1/2} = 2.1927 \text{ seg.}$$

Se multiplica las ecuaciones por 2 y raíz de 2 respectivamente, porque el proceso de acanalar se repite en todas las piezas de manera que se pueda obtener las dimensiones del canal necesarias.

Ecuaciones Finales Tiempos Estándar Proceso Acanalar:

$$\begin{aligned} \text{Pieza pequeña} &= 15.788 + 0.01126 * \text{Largo pieza} + 1.64(1.199) \\ &= 17.75 + 0.01126 * \text{Largo pieza seg.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pieza grande} &= 36.55 + 0.01126 \text{Largo pieza} + 1.64(2.1927) \\ &= 40.15 + 0.01126 \text{Largo pieza seg.} \end{aligned}$$

3.6 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO BISAGRAR

3.6.1 Análisis por operaciones del proceso de Bisagrar

Por medio del levantamiento de procesos se logró identificar las operaciones que deben ser consideradas en el estudio de tiempos. La primera operación es el coger la pieza que se encuentra en la banda transportadora junto a la máquina de bisagrar. Luego continúan las operaciones de bisagrar la pieza con la máquina, el moverla para poder bisagrar nuevamente, el medirla en caso de ser necesario y el dejar la pieza bisagrada en la banda transportadora junto a la máquina. Se decidió clasificar el tipo de puertas bisagradas en dos grupos, las puertas que tiene 3 bisagras y aquellas que tienen 2 bisagras. Las operaciones que varían dependiendo de esta clasificación son el coger, mover y dejar la pieza. Las operaciones de medir y bisagrar son iguales independientemente del tipo de puerta que se va a bisagrar. A continuación se presenta el análisis realizado para determinar el tiempo de cada una de las operaciones mencionadas en los distintos grupos.

- **Coger, Dejar, Medir y Mover puertas con 3 bisagras**

Para analizar si los datos de estas operaciones siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.6.1.

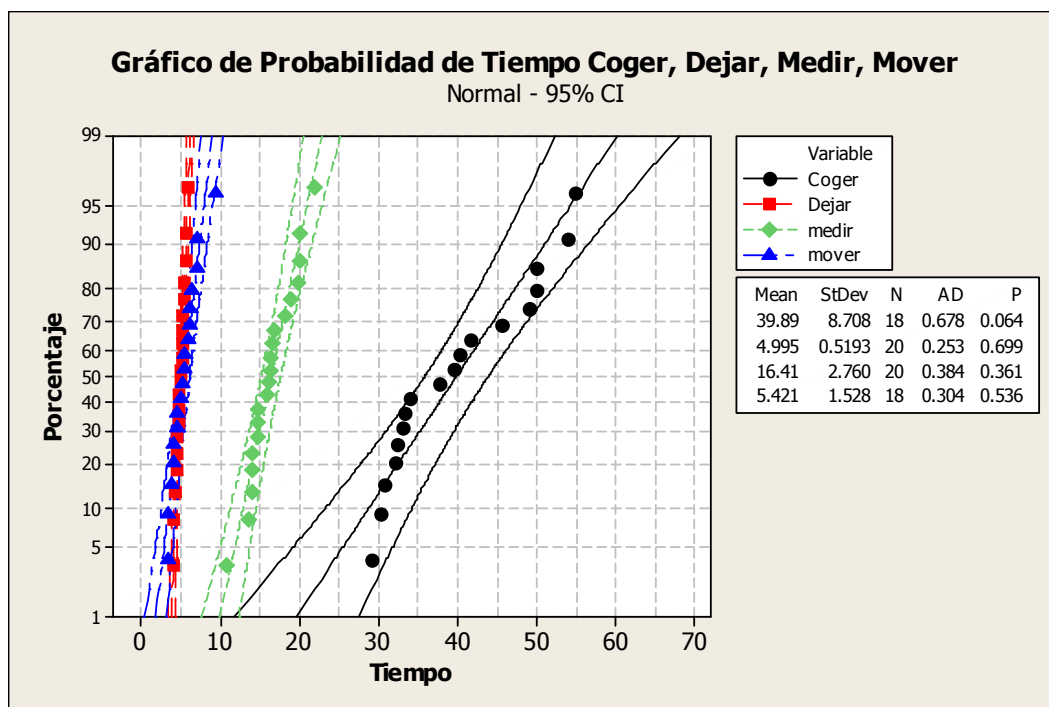


FIGURA 3.6.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Dejar, Medir y Mover puerta

En este gráfico de probabilidad (figura 3.6.1) se puede observar que los datos siguen una distribución normal debido a que los valores P de cada una de las operaciones son mayores al nivel alfa establecido. Por lo tanto, se valida el análisis y se utilizará la siguientes medias y desviaciones estándar para el estudio de tiempos.

Coger puerta de 3 bisagras:

Media = 39.89 seg.

Desv. Estándar = 8.708 seg.

Dejar puerta de 3 bisagras:

Media = 4.995 seg.

Desv. Estándar = 0.5193 seg.

Medir puerta de 2 o 3 bisagras:

Media = 16.41 seg.

Desv. Estándar = 2.76 seg.

Mover puerta de 3 bisagras:

Media = 5.421 seg.

Desv. Estándar = 1.528 seg.

- **Coger, Dejar y Mover puertas con 2 bisagras**

Para analizar si los datos de estas operaciones siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.6.2.

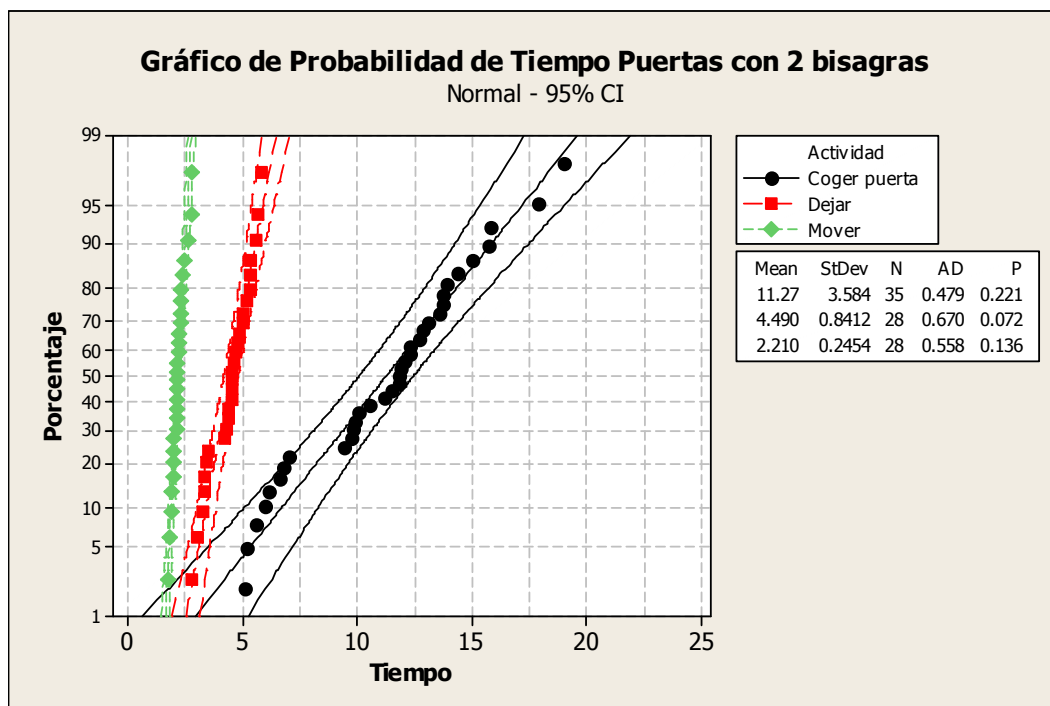


FIGURA 3.6.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Dejar y Mover puerta 2 bisagras

Se puede observar en la figura 3.6.2 que los datos siguen una distribución normal y por lo tanto se utilizarán los valores dados por MINITAB para la realización de las ecuaciones de tiempo estándar para este proceso.

Coger puerta de 2 bisagras:

Media = 11.27 seg.

Desv. Estándar = 3.584 seg.

Dejar puerta de 2 bisagras:

Media = 4.49 seg.

Desv. Estándar = 0.8412 seg.

Mover puerta de 2 bisagras:

Media = 2.21 seg.

Desv. Estándar = 0.2454 seg.

- **Bisagrar puertas de 2 o 3 bisagras**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.6.3.

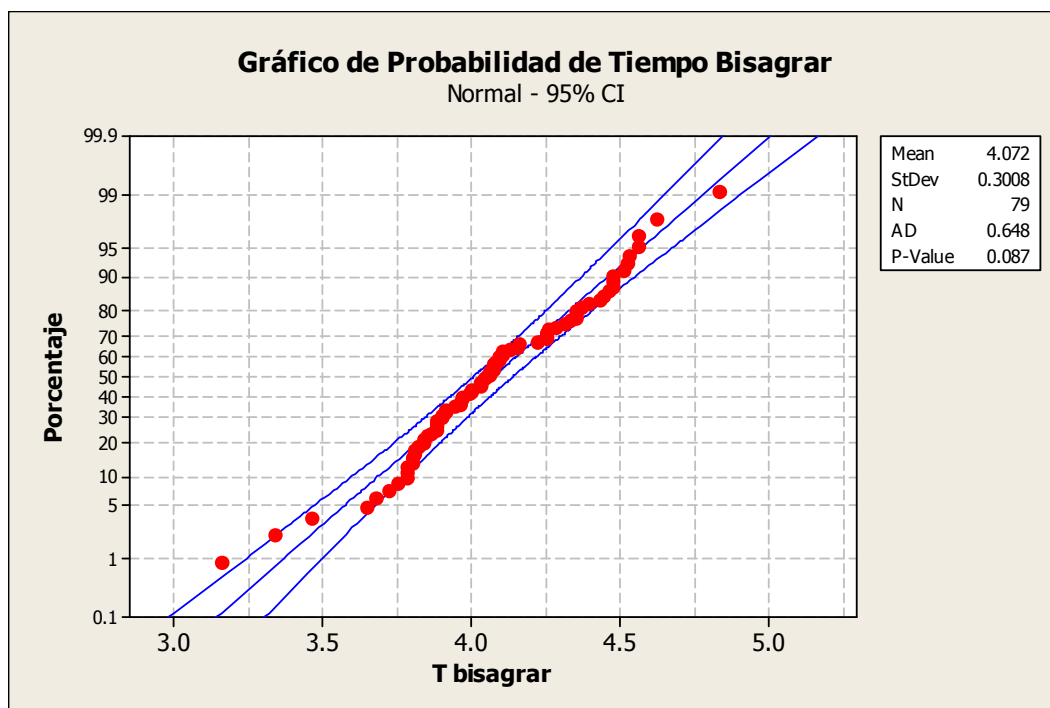


FIGURA 3.6.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Bisagar

En la figura 3.6.3 se puede observar que en los datos siguen una distribución normal y por lo tanto se utilizarán los valores dados por MINITAB para este estudio.

Bisagar:

Media = 4.072 seg.

Desv. Estándar = 0.3008 seg.

3.6.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Bisagar

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso de bisagar se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establece lo siguiente:

Tiempo proceso bisagar:

Puertas con 3 bisagras:

$$\text{Media} = 39.89 + 16.41 + 3*4.072 + 2*5.421 + 4.995 = 84.353 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (8.708^2 + 2.76^2 + 3*(0.3008^2) + 2*(1.528^2) + 0.5193^2)^{1/2} = 9.4158 \text{ seg.}$$

Puertas con 2 bisagras:

$$\text{Media} = 11.27 + 16.41 + 3*4.072 + 2*2.21 + 4.49 = 48.806 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (3.584^2 + 2.76^2 + 3*(0.3008^2) + 2*(0.2454^2) + 0.8412^2)^{1/2} = 4.6435 \text{ seg.}$$

Ecuaciones Finales Tiempos Estándar Proceso Bisagrar:

$$\text{Puertas con 3 bisagras} = 84.353 + 1.64(9.4158) = 99.8 \text{ seg.}$$

$$\text{Puertas con 2 bisagras} = 48.806 + 1.64(4.6435) = 56.42 \text{ seg.}$$

3.7 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO PARTES Y PIEZAS RECEPCIÓN

3.7.1 Análisis por operaciones del proceso de Partes y Piezas Recepción

En base a los flujogramas realizados en el levantamiento de procesos se logró identificar dos subprocesos que deben ser considerados en el estudio de tiempos del proceso de recepción de partes y piezas. Estos son tarugar, que involucra el coger las piezas correspondientes que pueden ser ajustes o piezas de más de dos tarugos, colocar los tarugos y dejarlas en su lugar, y la operación dejar las distintas piezas en sus lugares correspondientes de la bodega de partes y piezas. Es importante considerar que en este último subproceso se clasificó en tres grupos según el tipo de piezas que se debía dejar. El primer grupo son piezas grandes, es decir piezas con dimensiones mayores a 130cm. El segundo grupo corresponde a las piezas pequeñas, con dimensiones menores a 130cm. El tercer grupo contiene piezas como complementos, cajones y ajustes debido a que estas piezas se las coloca siempre en el mismo sitio. A continuación se presenta el análisis realizado para determinar el tiempo de cada una de las operaciones mencionadas.

- **Tarugar Ajustes**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.7.1.

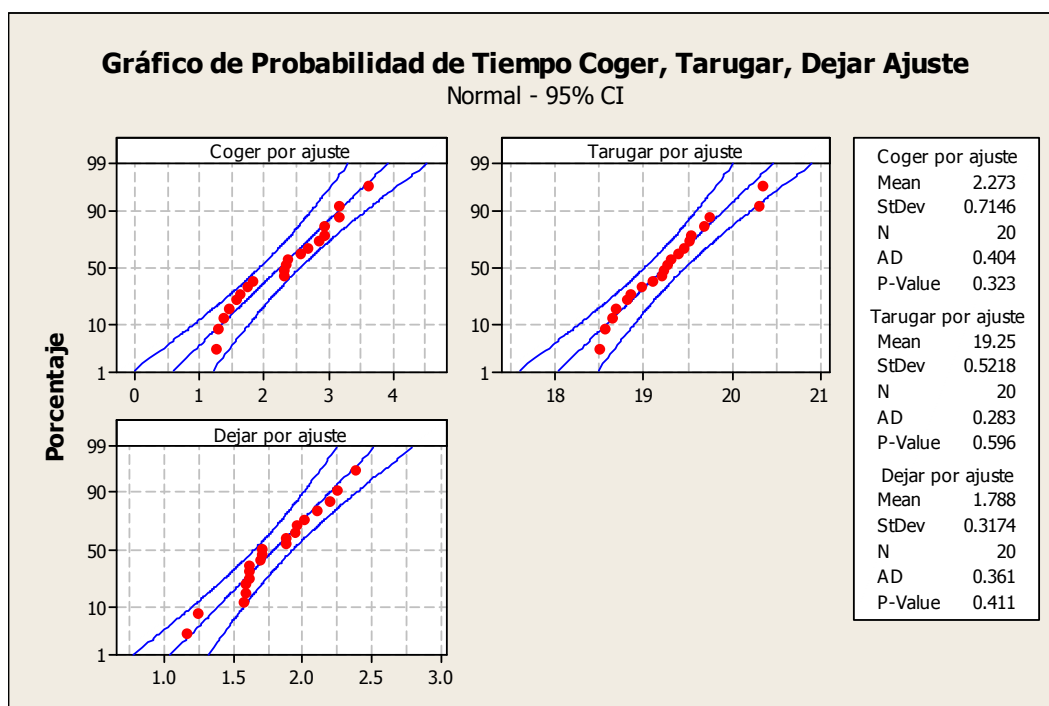


FIGURA 3.7.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Tarugar y Dejar Ajuste

Se puede observar en la figura 3.7.1 que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P de cada uno de los gráficos es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se valida el análisis y se utilizará las medias y desviaciones estándares para determinar el tiempo de tarugar un ajuste como se presenta a continuación:

Tarugar un ajuste:

$$\text{Media} = 2.27 + 19.25 + 1.78 = 23.3 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (0.71^2 + 0.52^2 + 0.41^2)^{1/2} = 0.97 \text{ seg.}$$

- **Tarugar Piezas**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.7.2.

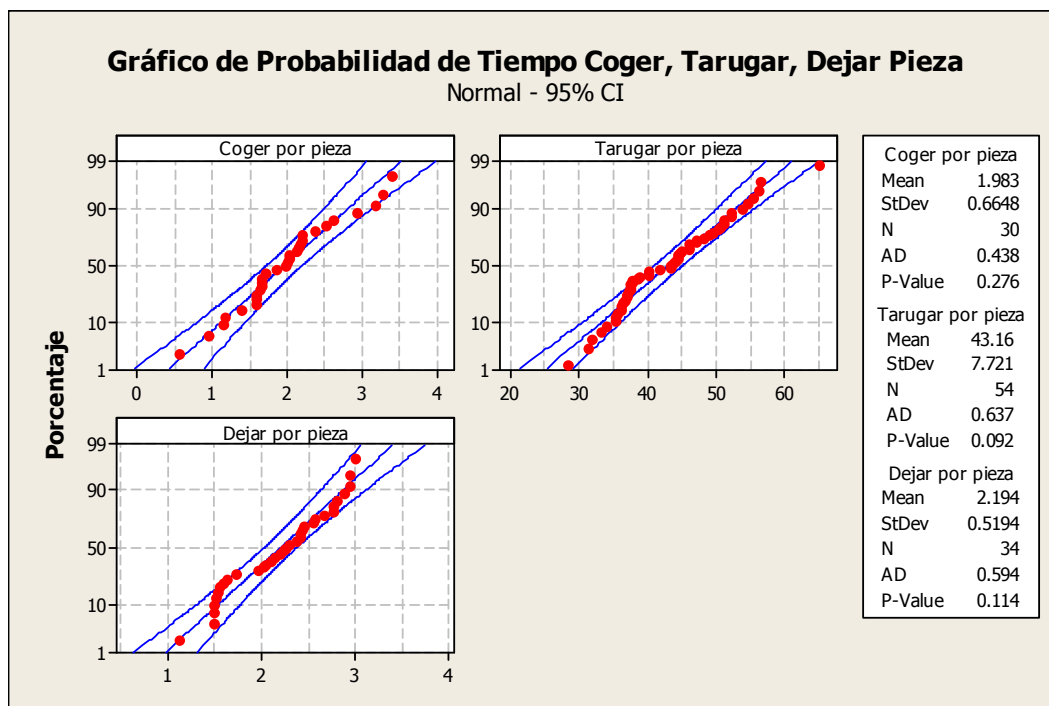


FIGURA 3.7.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger, Tarugar y Dejar Pieza

En la figura 3.7.2 se puede observar que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P de cada uno de los gráficos es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se valida el análisis y se utilizará las medias y desviaciones estándares para determinar el tiempo de tarugar piezas de cuatro tarugos como se presenta a continuación:

Tarugar una pieza

$$\text{Media} = 1.98 + 43.16 + 2.19 = 47.33 \text{ seg.}$$

$$\text{Desv. Estándar} = (0.66^2 + 7.72^2 + 0.52^2)^{1/2} = 7.76 \text{ seg.}$$

- **Dejar Pieza Pequeña**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.7.3.

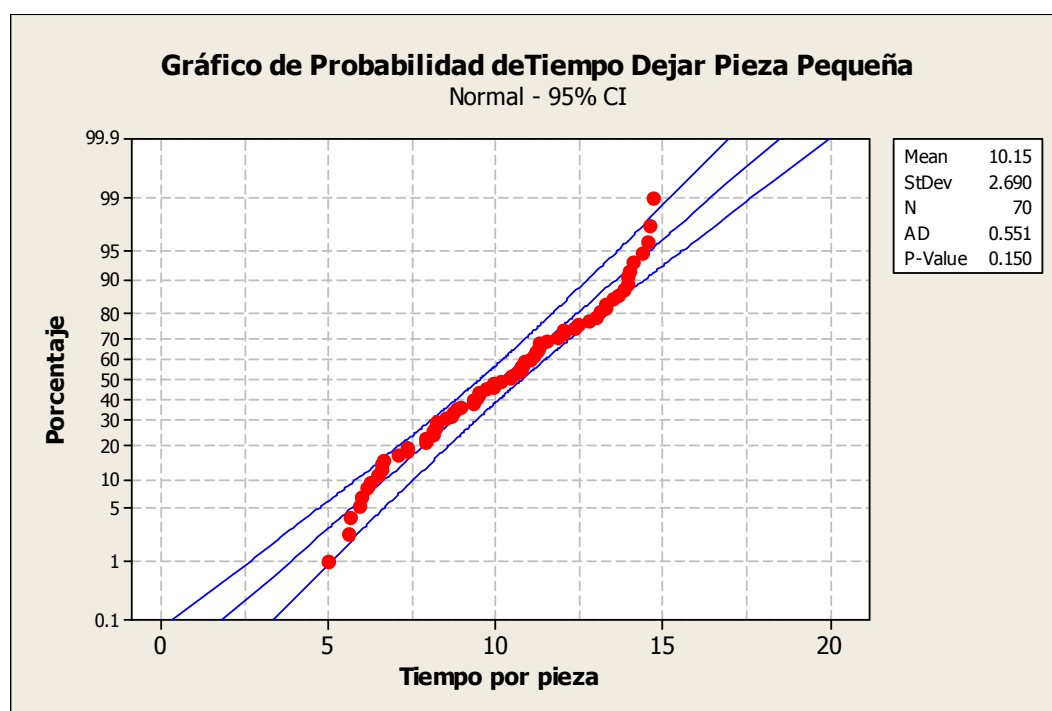


FIGURA 3.7.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Pequeña

Se puede observar en la figura 3.7.3 que los datos siguen una distribución normal debido a que el valor P es mayor al nivel alfa establecido, por lo que se valida el análisis y se puede utilizar los valores dados por MINITAB para el estudio de tiempos de este proceso.

Dejar pieza pequeña:

Media = 10.15 seg.

Desv. Estándar = 2.69 seg.

- **Dejar Pieza Grande**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.7.4.

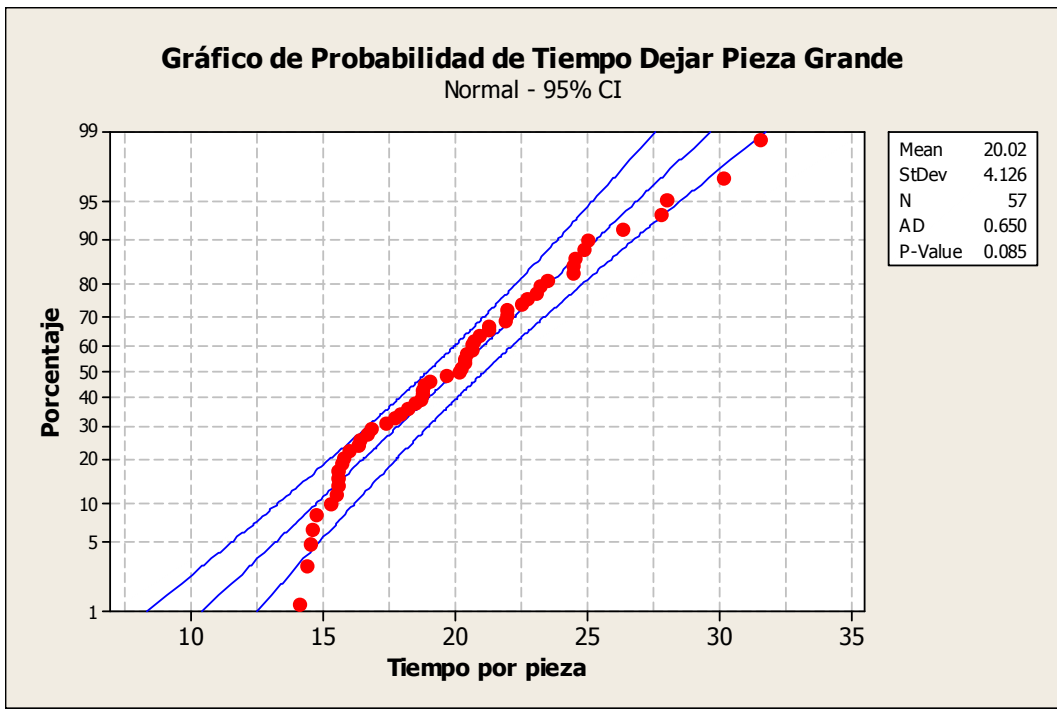


FIGURA 3.7.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Pieza Grande

En el gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.7.4 se puede observar que los datos siguen una distribución normal por lo que se valida el análisis y se puede utilizar los valores dados por MINITAB para el estudio de tiempos de este proceso.

Dejar pieza grande:

Media = 20.02 seg.

Desv. Estándar = 4.13 seg.

- **Dejar Complementos, Cajones y Ajustes**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.7.5.

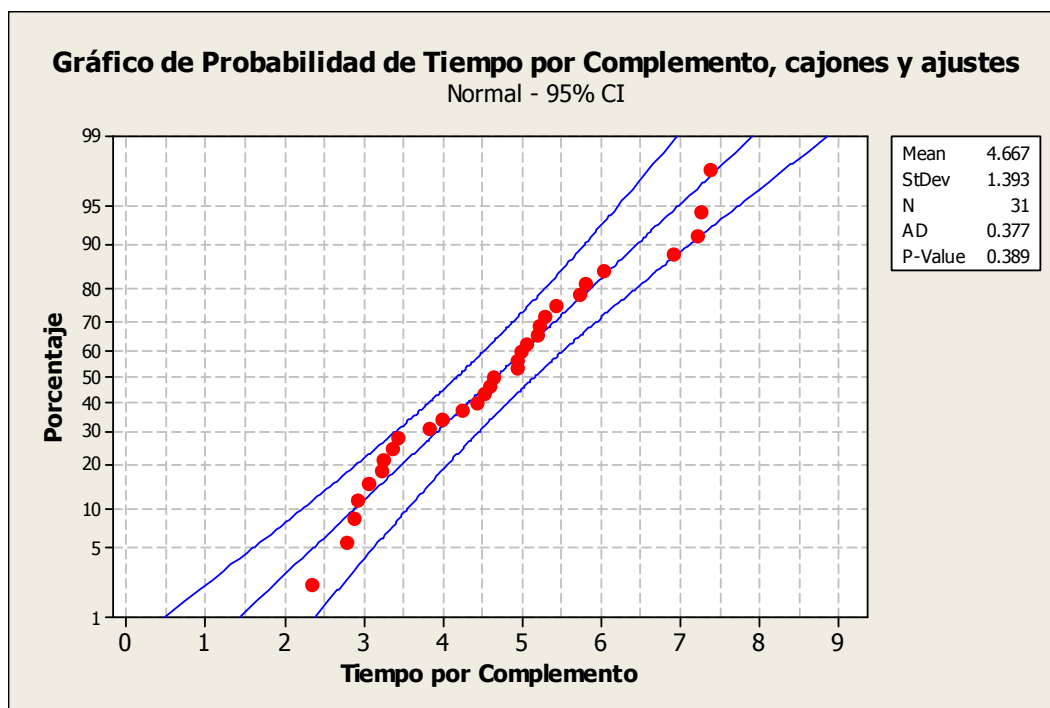


FIGURA 3.7.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Dejar Complementos, Cajones y Ajustes

Se puede observar en los resultados de la figura 3.7.5 que los datos siguen una distribución normal por lo que se valida el análisis y se puede utilizar los valores dados por MINITAB para el estudio de tiempos de este proceso.

Dejar pieza complementos, ajustes y cajones:

Media = 4.67 seg.

Desv. Estándar = 1.39 seg.

3.7.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso Partes y Piezas

Recepción

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso de partes y piezas recepción se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establece lo siguiente:

Dejar pieza pequeña = $10.15 + 1.64(2.69) = 14.6$ seg.

Dejar pieza grande = $20.02 + 1.64(4.13) = 26.8$ seg.

Dejar pieza complementos, ajustes y cajones = $4.67 + 1.64(1.39) = 6.95$ seg.

Tarugar un ajuste = $23.3 + 1.64(0.97) = 25$ seg.

Tarugar una pieza = $47.33 + 1.64(7.76) = 60$ seg.

3.8 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO PARTES Y PIEZAS ENTREGA

3.8.1 Análisis por operaciones del proceso de Partes y Piezas Entrega

En base al levantamiento de procesos se logró identificar las operaciones que deben ser consideradas en el estudio de tiempos del proceso de entrega de partes y piezas. Las operaciones son el coger las piezas, el embalar las piezas en sus grupos respectivos y el dejar el bulto de piezas embalado. Es importante tomar en cuenta que se consideró cierta clasificación para una adecuada toma de datos. La clasificación es la siguiente: piezas closets, piezas de módulos altos, bajos, de baños y complementos medianos, y complementos alargados. Se tomó datos de las operaciones con respecto a estos tres grupos y se prosiguió a realizar el análisis adecuado como se presenta a continuación en las figuras de la 3.8.1 a la 3.8.3.

- **Coger, Embalar y Dejar Piezas**

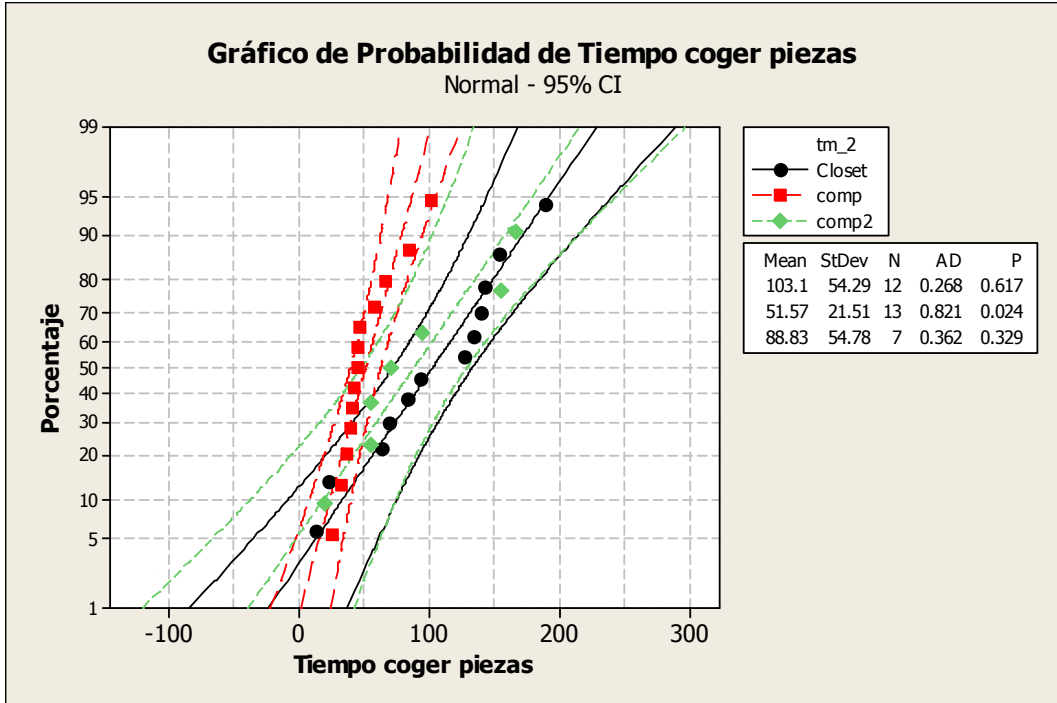


FIGURA 3.8.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Coger Piezas

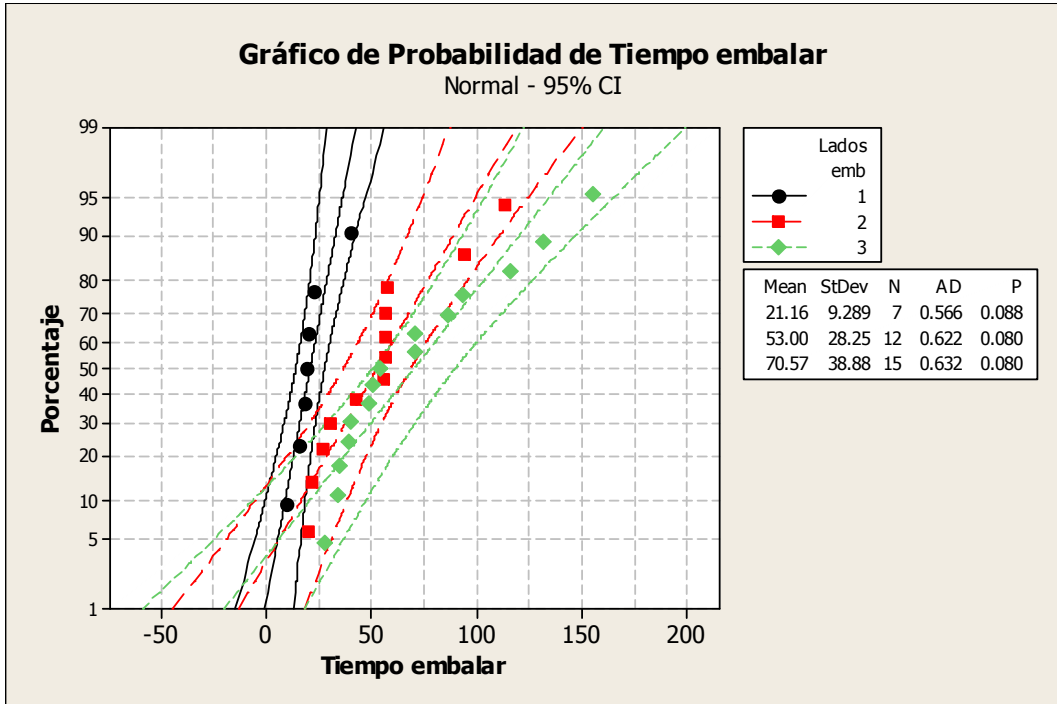


FIGURA 3.8.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Embalar

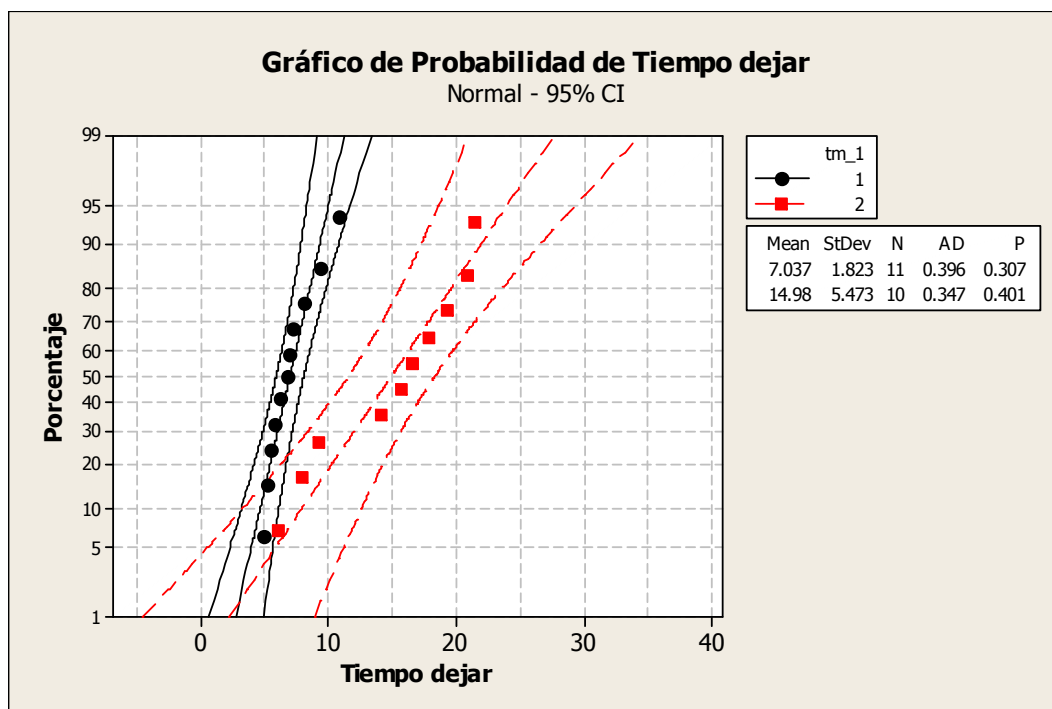


FIGURA 3.8.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Dejar

En las figuras 3.8.1, 3.8.2 y 3.8.3 se puede observar que los datos de las distintas operaciones siguen una distribución normal debido a que el valor P de cada uno de los gráficos es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se valida el análisis y se utilizará las medias y desviaciones estándares para el estudio de tiempos de éste proceso.

Coger piezas closet:

Media = 103.1 seg.

Desv. Estándar = 54.29 seg.

Coger piezas módulos altos, bajos, de baños y complementos:

Media = 51.57 seg.

Desv. Estándar = 21.51 seg.

Coger complementos alargados:

Media = 88.83 seg.

Desv. Estándar = 54.78 seg.

Embalar 1 lado:

Media = 21.16 seg.

Desv. Estándar = 9.289 seg.

Embalar 2 lados:

Media = 53 seg.

Desv. Estándar = 28.25 seg.

Embalar módulo completo:

Media = 70.57 seg.

Desv. Estándar = 38.88 seg.

Dejar closets:

Media = 14.98 seg.

Desv. Estándar = 5.473 seg.

Dejar otros:

Media = 7.037 seg.

Desv. Estándar = 1.823 seg.

3.8.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso de Partes y Piezas Entrega

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso de partes y piezas entrega se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establecen las ecuaciones necesarias. Es importante tomar en cuenta que los tiempos en esta área se trabajaran por el bulto de piezas ya no por cada pieza individual como en los procesos anteriores. Por lo tanto, los tiempos de entrega para las operaciones mencionadas son los siguientes:

Closet embalados completos = $188.65 + 1.64(67.0) = 298$ seg.

Closet embalado dos lados = $171.08 + 1.64(61.44) = 272$ seg.

**Módulos altos, bajos, de baños o complementos (embalados 1 lado) = $79.76 + 1.64(23.5)$
=118 seg.**

Complementos alargados (embalados completo) = $166.44 + 1.64(67.2) = 277$ seg.

Complementos no alargados (embalados completo) = $129.18 + 1.64(44.47) = 202$ seg.

3.9 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO ARMAR

3.9.1 Análisis por operaciones del proceso de Armar

Al observar los flujogramas realizados con respecto al proceso de armado, se logró determinar semejanzas entre la secuencia de armado de los distintos módulos, esto llevó a establecer una clasificación. El primer grupo incluye los módulos altos, bajos y muebles de baño, y el segundo grupo se refiere a los closets. Las operaciones analizadas para determinar el tiempo de armado de ambos grupos son aquellas presentadas en el diagrama de flujo de este proceso. A continuación, se presenta el análisis de probabilidad para cada uno de estos grupos y sus respectivas operaciones.

- **Módulo alto, bajo y mueble de baño**

Para analizar si los datos de estas operaciones siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en las figuras 3.9.1, 3.9.2 y 3.9.3.

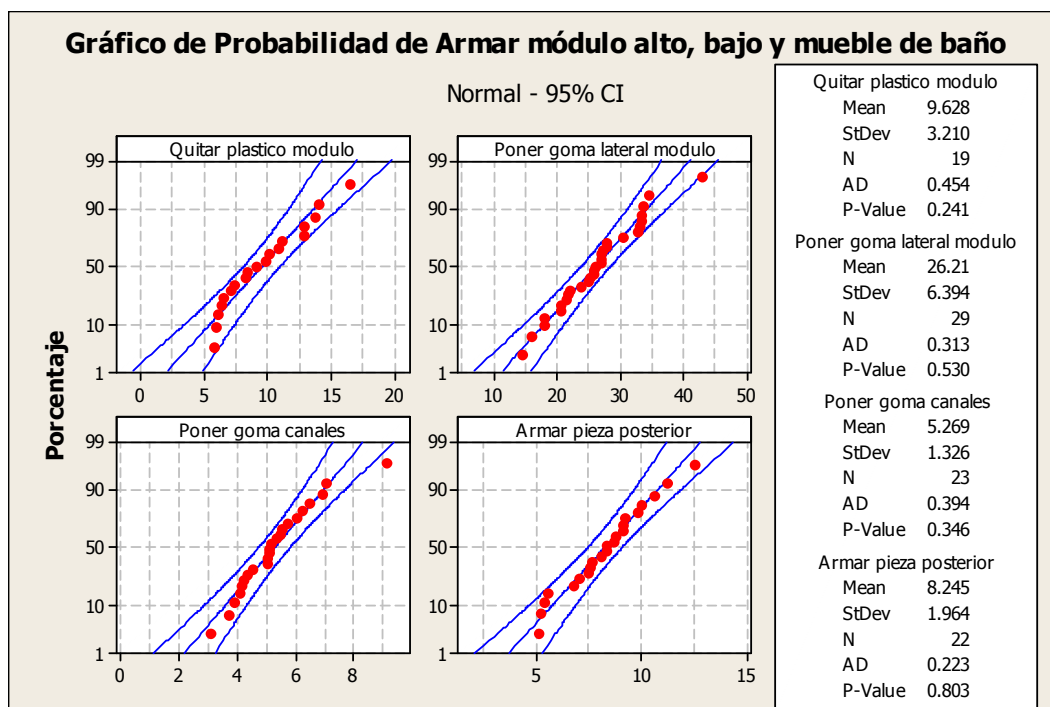


FIGURA 3.9.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo alto, bajo y mueble de baño (4 primeras operaciones)

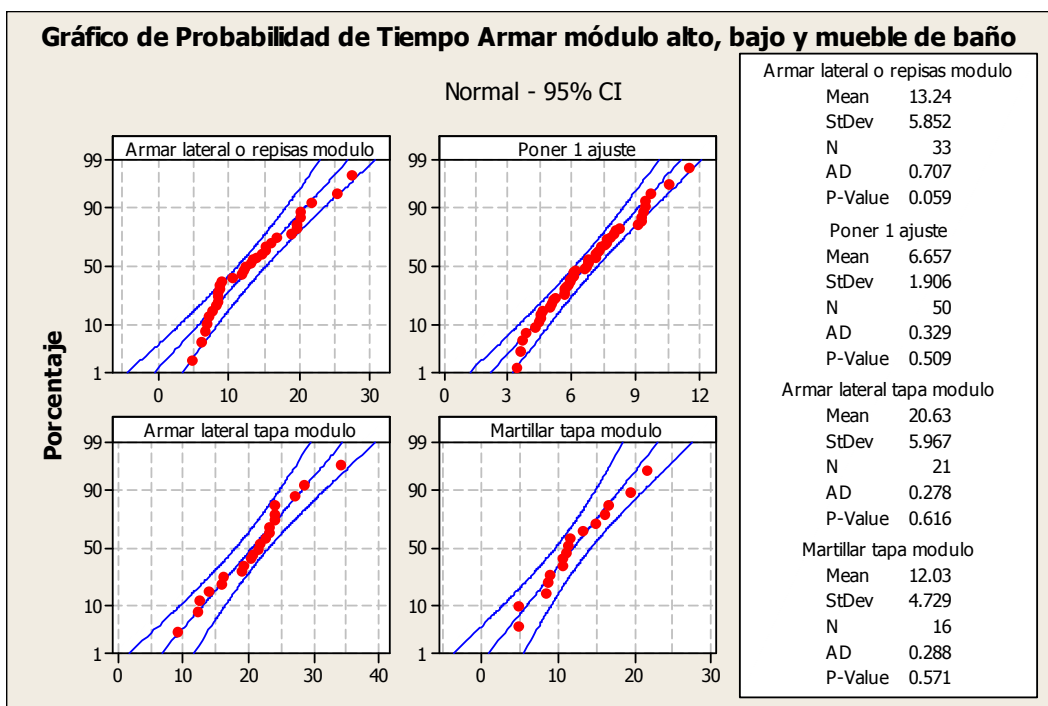


FIGURA 3.9.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo alto, bajo y mueble de baño (4 operaciones intermedias)

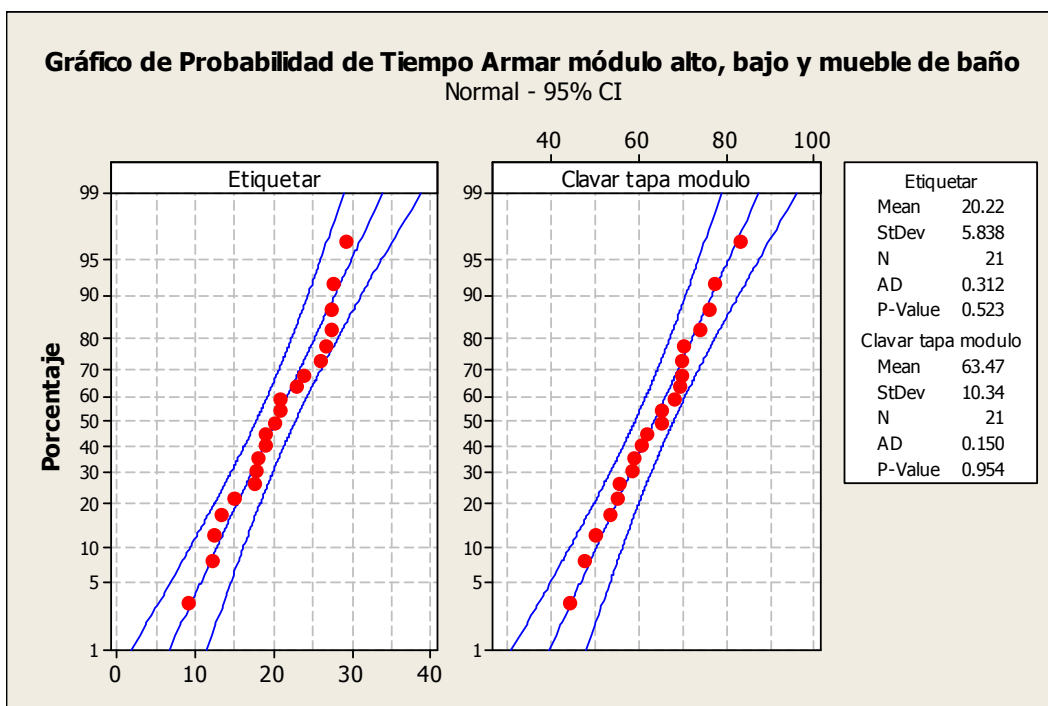


FIGURA 3.9.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo alto, bajo y mueble de baño (2 operaciones finales)

En los gráficos de probabilidad de las figuras 3.9.1, 3.9.2 y 3.9.3 se puede observar que los datos siguen una distribución normal debido a que los valores P de cada una de las operaciones son mayores al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, se valida el análisis y se utilizará la siguientes medias y desviaciones estándar para el estudio de tiempos.

Quitar plástico del empaque del módulo:

Media = 9.628 seg.

Desv. Estándar = 3.21 seg.

Poner goma en la pieza lateral del módulo:

Media = 26.21 seg.

Desv. Estándar = 6.394 seg.

Poner goma en un canal:

Media = 5.269 seg.

Desv. Estándar = 1.326 seg.

Armar la pieza posterior:

Media = 8.245 seg.

Desv. Estándar = 1.964 seg.

Armar lateral o repisas módulo:

Media = 13.24 seg.

Desv. Estándar = 5.852 seg.

Poner 1 ajuste:

Media = 6.657 seg.

Desv. Estándar = 1.906 seg.

Armar lateral tapa módulo:

Media = 20.63 seg.

Desv. Estándar = 5.967 seg.

Martillar tapa módulo:

Media = 12.03 seg.

Desv. Estándar = 4.729 seg.

Etiquetar módulo:

Media = 20.22 seg.

Desv. Estándar = 5.838 seg.

Clavar tapa módulo:

Media = 63.47 seg.

Desv. Estándar = 10.34 seg.

Es importante considerar que de ciertas operaciones no se logró obtener una mayor cantidad de números de datos. En este caso se decidió simplemente calcular la media de los datos obtenidos para encontrar por lo menos valores referenciales de estas operaciones.

Tiempos actividades con número de datos menores a 10:

Medir = 9.69 seg.

Atornillar = 15.27 seg.

Dejar en prensa = 16.25 seg.

Colocar máquina = 240.42 seg.

Sacar de prensa = 114.22 seg.

Dejar área de ensamblado = 14.82 seg.

Poner prensas móviles = 91 seg.

Máquina prensa = 2400 seg.

Ecuaciones para determinar los tiempos estándar del proceso armado de módulos altos, bajos y muebles de baño:

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso de acanalar se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establece lo siguiente:

Tiempo proceso armar:

Módulo normal:

Media = 9.628 + 26.21(número de laterales con huecos) + 5.269(número de piezas con canal) + 8.245 + 13.24(número de laterales con tarugos o repisas) + 6.657(número de ajustes) + 20.63 + 12.03 + 20.22 + 16.25 + 240.42 + 2400 + 114.22 + 14.82 seg.

= 2856.46 + 26.21(número de laterales con huecos) + 5.269(número de piezas con canal) + 13.24(número de laterales con tarugos o repisas) + 6.657(número de ajustes) seg.

Desv. Estándar = $(3.21^2 + 6.394^2$ (número de laterales con huecos) + 1.326^2 (número de piezas con canal) + $1.964^2 + 5.852^2$ (número de laterales con tarugos o repisas) + 1.906 (número de ajustes) + $5.967^2 + 4.729^2 + 5.838^2$)^{1/2} seg.

= $(106.21 + 6.394^2$ (número de laterales con huecos) + 1.326^2 (número de piezas con canal) + 5.852^2 (número de laterales con tarugos o repisas) + 1.906 (número de ajustes))^{1/2} seg.

Módulo clavado:

Media = 9.628 + 26.21(número de laterales con huecos) + 5.269(número de piezas con canal) + 8.245 + 13.24(número de laterales con tarugos o repisas) + 6.657(número de ajustes) + 20.63 + 12.03 + 20.22 + 9.69 + 15.27 + 14.82 seg.

= 110.5 + 26.21(número de laterales con huecos) + 5.269(número de piezas con canal) + 13.24(número de laterales con tarugos o repisas) + 6.657(número de ajustes) seg.

Desv. Estándar = $(3.21^2 + 6.394^2$ (número de laterales con huecos) + 1.326^2 (número de piezas con canal) + $1.964^2 + 5.852^2$ (número de laterales con tarugos o repisas) + 1.906 (número de ajustes) + $5.967^2 + 4.729^2 + 5.838^2$)^{1/2} seg.

= $(106.2 + 6.394^2$ (número de laterales con huecos) + 1.326^2 (número de piezas con canal) + 5.852^2 (número de laterales con tarugos o repisas) + 1.906 (número de ajustes))^{1/2} seg.

- **Módulo Closet**

Para analizar si los datos de las distintas operaciones involucradas siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en las figuras 3.9.4 y 3.9.4.

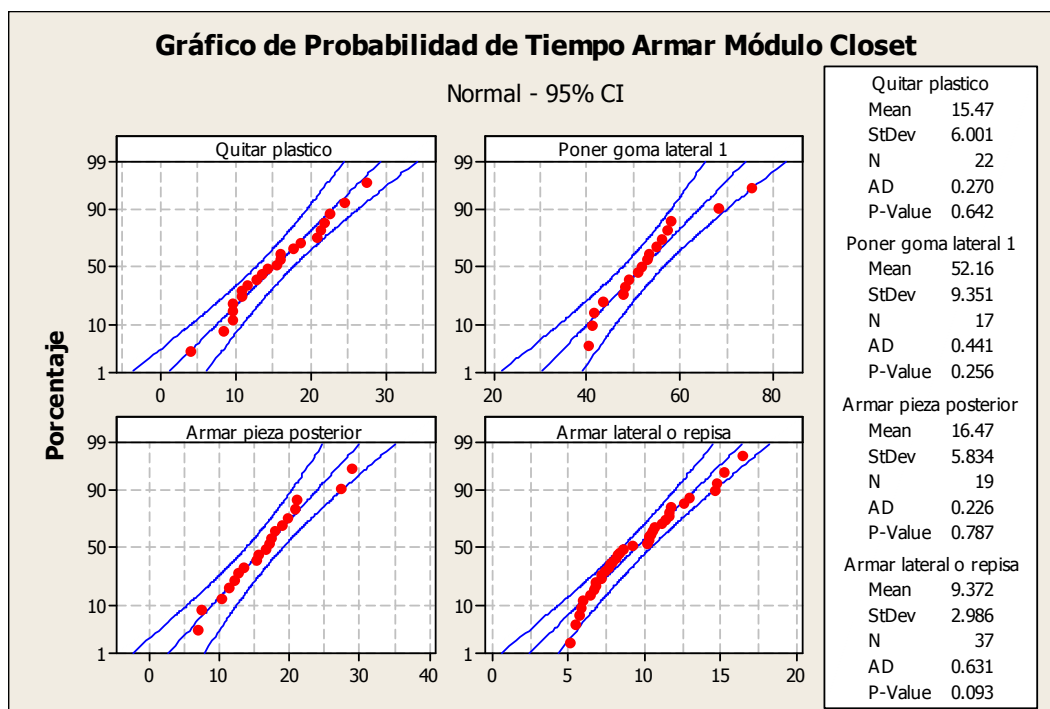


FIGURA 3.9.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo closet (4 operaciones iniciales)

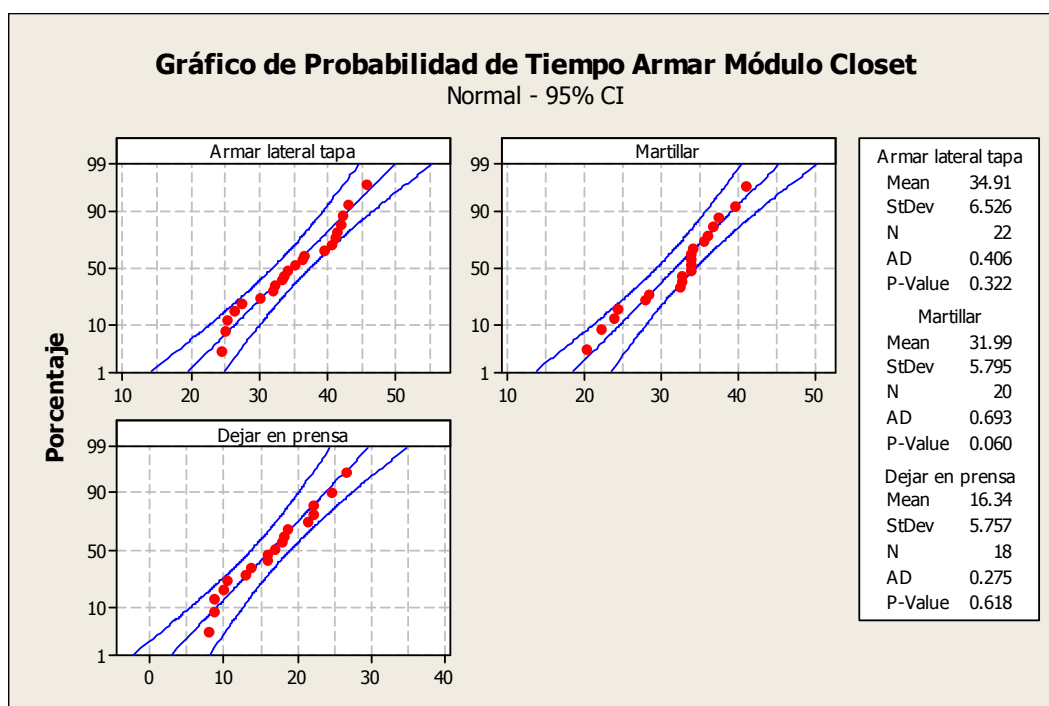


FIGURA 3.9.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Armar módulo closet (3 operaciones finales)

En estos gráficos de probabilidad presentados en las figuras 3.9.4 y 3.9.5 se puede observar que los datos siguen una distribución normal. Por lo tanto, se utilizará los valores obtenidos del análisis para el estudio de tiempos.

Quitar plástico del empaque del módulo:

Media = 15.47 seg.

Desv. Estándar = 6.001 seg.

Poner goma en la pieza lateral del módulo:

Media = 52.16 seg.

Desv. Estándar = 9.351 seg.

Armar la pieza posterior:

Media = 16.47 seg.

Desv. Estándar = 5.834 seg.

Armar lateral o repisas módulo:

Media = 9.372 seg.

Desv. Estándar = 2.986 seg.

Armar lateral tapa módulo:

Media = 34.91 seg.

Desv. Estándar = 6.526 seg.

Martillar:

Media = 31.99 seg.

Desv. Estándar = 5.795 seg.

Dejar módulo en la prensa:

Media = 16.34 seg.

Desv. Estándar = 5.757 seg.

Poner 1 ajuste:

Media = 6.657 seg.

Desv. Estándar = 1.906 seg.

Poner goma en un canal:

Media = 5.269 seg.

Desv. Estándar = 1.326 seg.

Es importante considerar que de ciertas operaciones no se logró obtener una mayor cantidad de números de datos. En este caso se decidió simplemente calcular la media de los datos obtenidos para encontrar por lo menos valores referenciales de estas operaciones.

Tiempos actividades con número de datos menores a 10:

Atornillar = 11.17 seg.

Sacar de prensa = 64.26 seg.

Colorar la prensa = 145.6 seg.

Embalar esquinas = 99.14 seg.

Máquina prensa = 2400 seg.

Ecuaciones para determinar los tiempos estándar del proceso armado de closets:

Media = $15.47 + 52.16(\text{número de laterales con huecos}) + 5.269(\text{número de piezas con canal}) + 16.47 + 9.372(\text{número de laterales con tarugos o repisas}) + 6.657(\text{número de ajustes}) + 34.91 + 31.99 + 16.34 + 145.6 + 11.17 (\text{número de tornillos}) + 64.26 + 99.14 + 2400 \text{ seg.}$
 = $2823.78 + 52.16(\text{número de laterales con huecos}) + 5.269(\text{número de piezas con canal}) + 9.372(\text{número de laterales con tarugos o repisas}) + 6.657(\text{número de ajustes}) + 11.17 (\text{número de tornillos}) \text{ seg.}$

Desv. Estándar = $(6.001^2 + 9.351^2 (\text{número de laterales con huecos}) + 1.326^2 (\text{número de piezas con canal}) + 5.834^2 + 2.986^2 (\text{número de laterales con tarugos o repisas}) + 1.906^2 (\text{número de ajustes}) + 6.526^2 + 5.795^2 + 5.757^2)^{1/2} \text{ seg.}$
 = $(179.36 + 9.351^2 (\text{número de laterales con huecos}) + 1.326^2 (\text{número de piezas con canal}) + 2.986^2 (\text{número de laterales con tarugos o repisas}) + 1.906^2 (\text{número de ajustes}))^{1/2} \text{ seg.}$

3.9.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso de Armar

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso de armar se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establece lo siguiente:

Módulo Normal = $[2856.46 + 26.21(\text{número de laterales con huecos}) + 5.269(\text{número de piezas con canal}) + 13.24(\text{número de laterales con tarugos o repisas}) + 6.657(\text{número de ajustes})] + 1.64[(106.21 + 6.394^2 (\text{número de laterales con huecos}) + 1.326^2 (\text{número de piezas con canal}) + 5.852^2 (\text{número de laterales con tarugos o repisas}) + 1.906(\text{número de ajustes}))^{1/2}] \text{ seg.}$

Módulo Clavado = [110.5 + 26.21(número de laterales con huecos) + 5.269(número de piezas con canal) + 13.24(número de laterales con tarugos o repisas) + 6.657(número de ajustes)] + 1.64[(106.2 + 6.394² (número de laterales con huecos) + 1.326² (número de piezas con canal) + 5.852² (número de laterales con tarugos o repisas) + 1.906(número de ajustes))^{1/2}] seg.

Closet = [2823.78 + 52.16(número de laterales con huecos) + 5.269(número de piezas con canal) + 9.372(número de laterales con tarugos o repisas) + 6.657(número de ajustes) + 11.17 (número de tornillos)] + 1.64[(179.36 + 9.351² (número de laterales con huecos) + 1.326² (número de piezas con canal) + 2.986² (número de laterales con tarugos o repisas) + 1.906² (número de ajustes))^{1/2}] seg.

3.10 TIEMPOS ESTÁNDAR PROCESO ENSAMBLAR

3.10.1 Análisis por operaciones del proceso de Ensamblar

En base a los flujogramas del proceso de ensamblar se logró identificar las operaciones a ser consideradas para un adecuado estudio de tiempos. Al analizar este proceso se decidió dividirlo en tres subprocesos de forma que se pueda tomar los tiempos de manera correcta. Estos subprocesos involucran el colocar bisagras en las puertas, ensamblar módulos con puertas y ensamblar cajoneras con lados metálicos. A continuación, se presenta el análisis de probabilidad para cada uno de estos subprocesos con sus respectivas operaciones.

- Colocar bisagras en puertas

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.10.1.

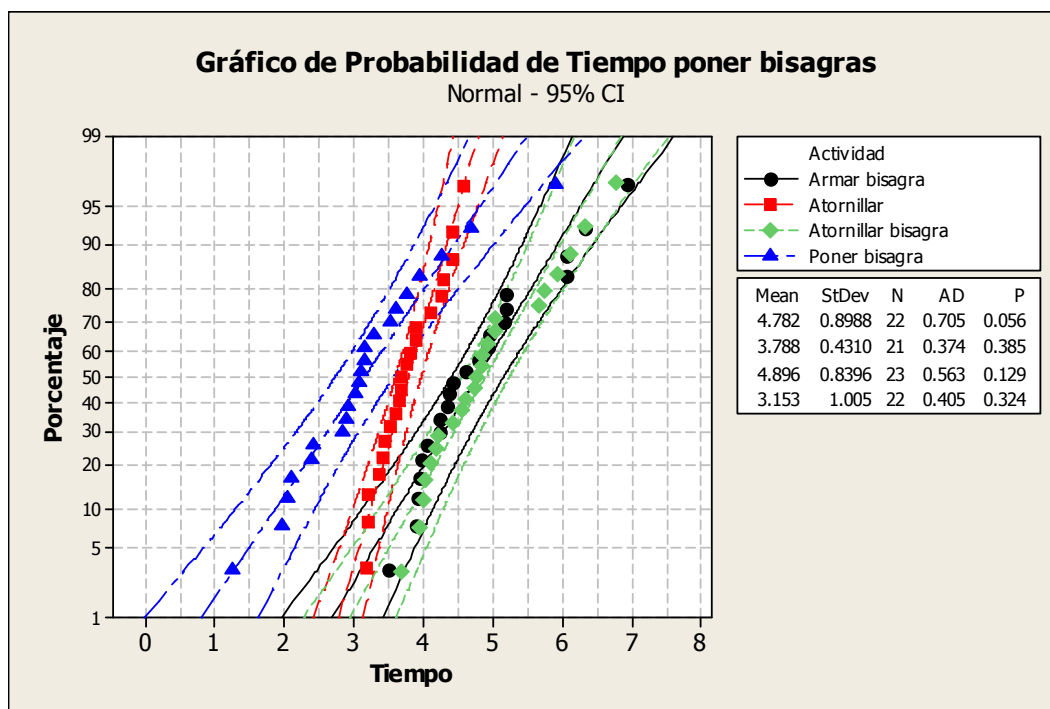


FIGURA 3.10.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Poner Bisagras

Se puede observar en la figura 3.10.1 que los datos siguen una distribución normal dado a que los valores P presentados en la tabla son mayores al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto el análisis realizado se considera válido y se puede utilizar los valores dados por MINITAB para el estudio de tiempos de este proceso.

Armar bisagra:

Media = 4.78 seg.

Desv. Estándar = 0.9 seg.

Atornillar:

Media = 3.79 seg.

Desv. Estándar = 0.431 seg.

Atornillar bisagra:

Media = 4.9 seg.

Desv. Estándar = 0.84 seg.

Poner bisagra:

Media = 3.15 seg.

Desv. Estándar = 1.01 seg.

Al tener las medias y las desviaciones estándar de cada operación se puede establecer el tiempo del subproceso de colocar las bisagras en las puertas de la siguiente manera:

Tiempo colocar bisagras en puertas:

Media = $16.62 * (\text{número de bisagras})$ seg.

Desv est = $(2.72 * \text{número de bisagras})^{1/2}$ seg.

Es importante considerar que solamente se produce puertas con dos o tres bisagras por lo que se puede calcular la respectiva media y desviación estándar para ambos casos.

Puertas dos bisagras:

Media = 33.24 seg.

Desv. Estándar = 2.33 seg.

Puertas tres bisagras:

Media = 49.86 seg.

Desv. Estándar = 2.86 seg.

- **Ensamblado módulo con puertas**

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.10.2.

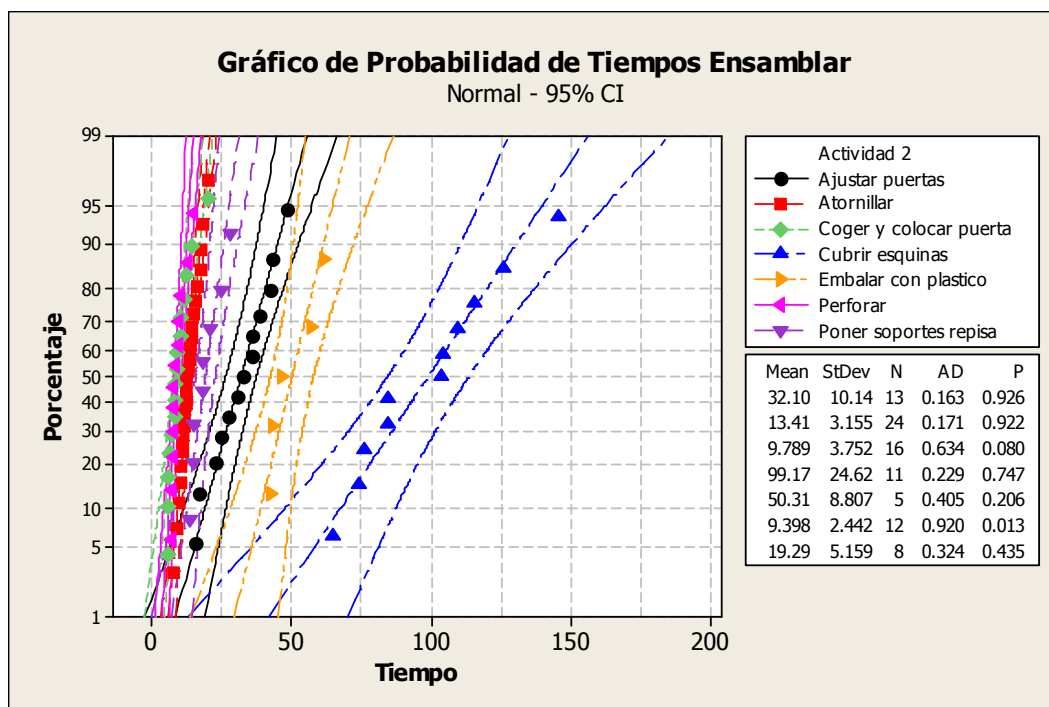


FIGURA 3.10.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Ensamblar

En la figura 3.10.2 se puede observar que los datos siguen una distribución normal dado que los valores P presentados en la tabla son mayores al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto el análisis realizado se considera válido y se puede utilizar los valores mostrados a continuación, para este estudio de tiempos.

Ajustar puertas:

Media = 32.1 seg.

Desv. Estándar = 10.14 seg.

Atornillar:

Media = 13.41 seg.

Desv. Estándar = 3.155 seg.

Coger y colocar puerta:

Media = 9.79 seg.

Desv. Estándar = 3.75 seg.

Perforar:

Media = 9.4 seg.

Desv. Estándar = 2.44 seg.

Cubrir esquinas:

Media = 99.71 seg.

Desv. Est = 24.62 seg.

Tiempo embalar con plástico:

Media = 50.31 seg.

Desv. Estándar = 8.81 seg.

Poner soportes repisa:

Media = 19.29 seg.

Desv. Estándar = 5.16 seg.

Al tener las medias y las desviaciones estándar de cada operación se puede establecer el tiempo del subproceso de ensamblar módulos con puertas de la siguiente manera:

Ensamblar módulos con puertas:

Media = $97.94 * (\text{número de puertas}) + 169.31$ seg.

Desv. Estándar = $((138.19 * \text{número de puertas}) + 710.39)^{1/2}$ seg.

Es importante considerar que solamente se produce módulos que contiene una o dos puertas por lo que se puede calcular sus respectivas medias y desviaciones estándar.

Módulo 1 puerta:

Media = 267.25 seg.

Desv. Estándar = 29.13 seg.

Módulo 2 puertas:

Media = 365.19 seg.

Desv. Estándar = 31.41 seg.

- **Ensamblar cajoneras con lados metálicos**

Ensamblar estructura cajón

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó un gráfico de probabilidad presentado en la figura 3.10.3.

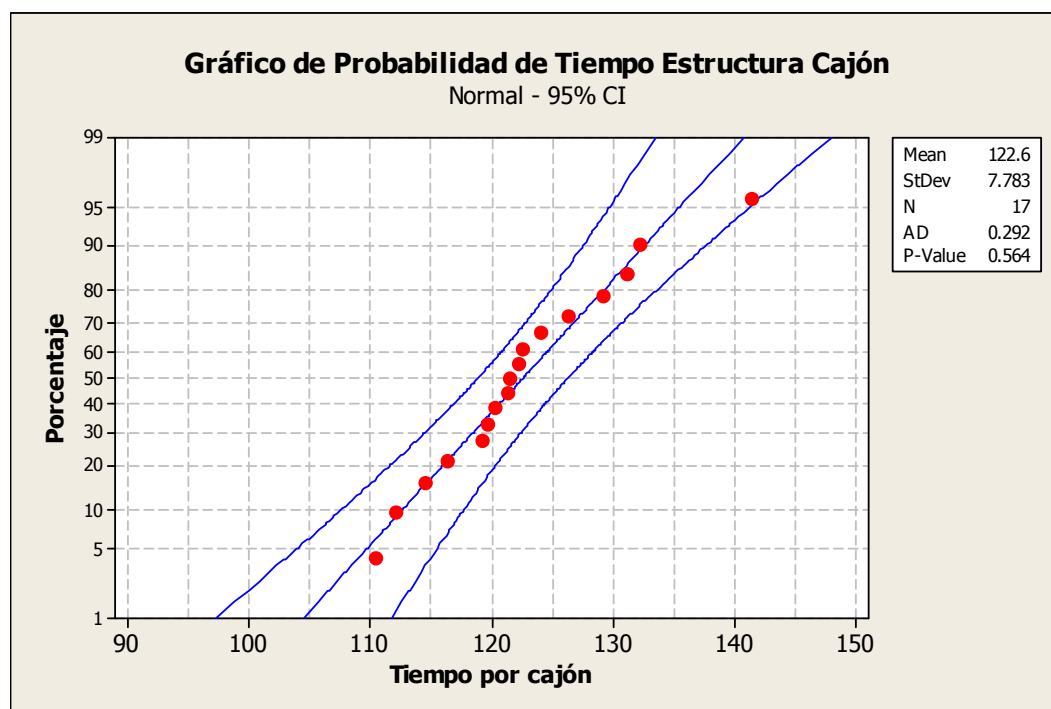


FIGURA 3.10.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Ensamblar Estructura Cajón

Se puede observar en la figura 3.10.3 que los datos siguen una distribución normal dado que el valor P presentado en la tabla es mayor al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto se puede utilizar los valores dados para éste análisis.

Ensamblar estructura cajón:

Media = 112.6 seg.

Desv. Estándar = 7.783 seg.

Tiempo ensamblar cajonera (cajón completo)

Para analizar si los datos de esta operación siguen una distribución normal se realizó gráficos de probabilidad presentados en la figura 3.10.4.

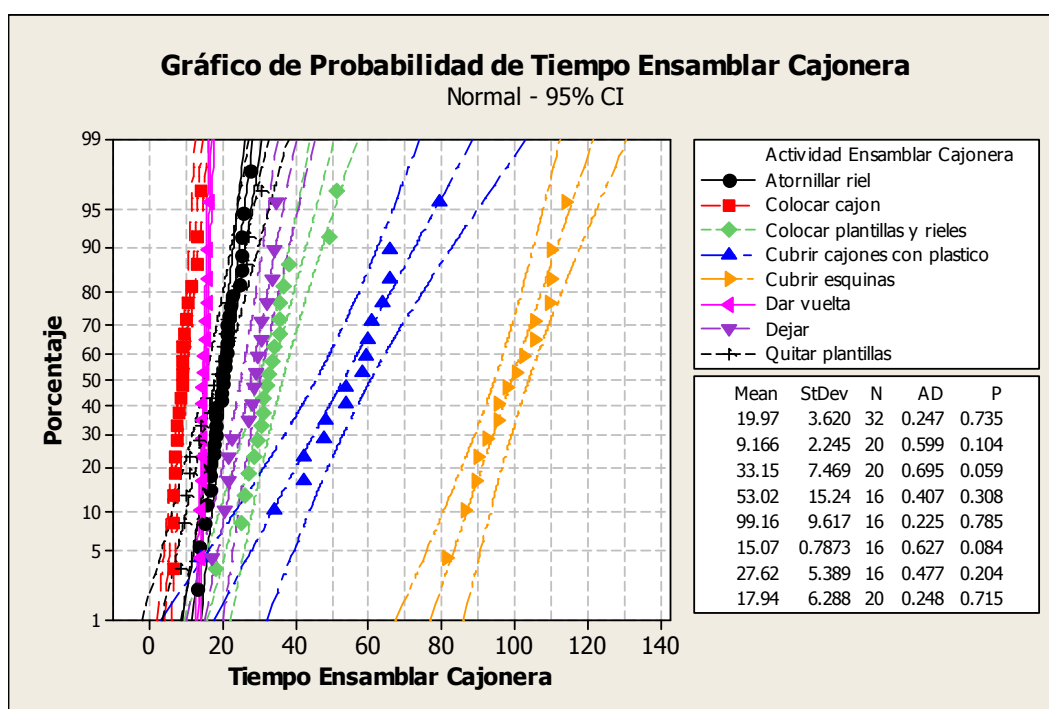


FIGURA 3.10.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempos Ensamblar Cajonera

En la figura 3.10.4 se puede observar que los datos siguen una distribución normal dado a que los valores P presentados en la tabla son mayores al nivel alfa de 0.05. Por lo tanto, los datos propuestos por el software MINITAB son válidos para este estudio.

Atornillar riel:

Media = 19.97 seg.

Desv. Estándar = 3.62 seg.

Colocar cajón:

Media = 9.17 seg.

Desv. Estándar = 2.25 seg.

Colocar plantillas y rieles:

Media = 33.15 seg.

Desv. Estándar = 7.45 seg.

Cubrir cajonera con plástico:

Media = 53.02 seg.

Desv. Estándar = 15.24 seg.

Cubrir esquinas:

Media = 99.16 seg.

Desv. Estándar = 9.62 seg.

Dar la vuelta:

Media = 15.07 seg.

Desv. Estándar = 0.78 seg.

Dejar cajonera:

Media = 27.62 seg.

Desv. Estándar = 5.39 seg.

Quitar plantillas:

Media = 17.94 seg.

Desv. Estándar = 6.29 seg.

Al tener las medias y las desviaciones estándar de cada operación se puede sumar siguiendo la metodología adecuada y se puede establecer la media y la desviación estándar del subproceso de ensamblar cajoneras con lados metálicos de la siguiente manera:

Ensamblar cajonera con lados metálicos:

Media = $142(\text{número de cajones}) + 246 \text{ seg.}$

Desv. Estándar = $(78.7 * \text{número de cajones} + 454.1)^{1/2} \text{ seg.}$

3.10.2 Ecuaciones de tiempos estándar del proceso de Ensamblar

Para determinar la ecuación de tiempo estándar del proceso ensamblar se considera los valores encontrados en los análisis realizados anteriormente y se establece lo siguiente:

Colocar Bisagras:

Puertas dos bisagras = $33.24 + 1.64(2.33) = 37.06 \text{ seg.}$

Puertas tres bisagras = $49.86 + 1.64(2.86) = 54.55 \text{ seg.}$

Ensamblar módulos con puertas:

Módulo 1 puerta = $267.25 + 1.64*(29.13) = 315 \text{ seg.}$

Módulo 2 puertas = $365.19 + 1.64*(31.41) = 417 \text{ seg.}$

Ensamblar cajonera con lados metálicos = $142(\text{número de cajones}) + 246 + 1.64((78.7 * \text{número de cajones} + 454.1)^{1/2}) \text{ seg.}$

3.11 TIEMPOS NO OPERATIVOS

Los resultados detallados del estudio se presenta en el Anexo 4, a continuación se presenta el resultado final del estudio.

Corte Giben

- Tiempo operativo: 70%
- Tiempo no operativo: 30%

Laminar

- Tiempo operativo: 66%
- Tiempo no operativo: 34%

Perforar

- Tiempo operativo: 62%
- Tiempo no operativo: 38%

Acanalar

- Tiempo operativo: 70%
- Tiempo no operativo: 30%

Bisagrar

- Tiempo operativo: 82%
- Tiempo no operativo: 18%

Partes y piezas

- Tiempo operativo: 57%
- Tiempo no operativo: 43%

Armar

- Tiempo operativo: 83%
- Tiempo no operativo: 17%

Ensamblar

- Tiempo operativo: 87%
- Tiempo no operativo: 13%

El porcentaje hallado de tiempos no operativos será sumado al tiempo de operación encontrado en el estudio de tiempos para hallar un tiempo total en cada estación de trabajo.

CAPÍTULO IV: COSTEO DEL PRODUCTO

4.1 METODOLOGÍA

El presente estudio tiene como objetivo hallar los costos de fabricación de los diferentes tipos de módulos producidos. Dentro de la empresa estos costos se conocen como costos de fábrica, y se complementan con los costos de ventas y con los gastos administrativos para hallar el costo final del producto. Para encontrar los costos de fábrica por módulo se utilizará la metodología descrita por James Greene (108) el cual divide a los costos de fabricación en tres rubros: costos de mano de obra directa, costos de material directo y gastos generales. Es importante tomar en cuenta que estos últimos serán tratados como costos indirectos de fabricación. El costo total de fabricación quedaría descrito por la siguiente formula:

$$\text{Costos de fabricación} = \text{Costos de mano de obra directa} + \text{Costos de materiales directos} + \text{Costos indirectos de fabricación.}$$

Dentro de los costos de mano de obra directa se incluirán todos los salarios de los obreros vinculados directamente con la fabricación del producto. De la misma manera el material directo es todo material que puede cargarse directamente al producto. Todo el resto de costos incurridos en la fábrica, que no sean ni material ni mano de obra directa, serán incluidos en los costos indirectos de fabricación.

Para calcular los costos se creó, en conjunto con el Gerente de Producción, una lista de módulos significativos. Los módulos significativos fueron escogidos en base a la experiencia del Gerente teniendo en cuenta dos criterios: frecuencia de fabricación y tamaño promedio. El tamaño promedio del módulo costeadado permite inferir el costo para módulos de fabricación similar en los que solo varíe el tamaño. Una vez obtenida esta lista se pidió a los supervisores de cada área que identifiquen el número de piezas de cada módulo que pasan por cada estación de trabajo. Esta lista se presenta a continuación en la tabla 4.1.1.

Módulo	PIEZAS						Tipo
	A	B	C	D	E	F	
B50	10	5	7	4	1	1	Bajo
B80	11	5	7	4	2	2	Bajo
B60G4	20	4	7	0	0	4	Bajo
EBT	12	4	4	4	2	2	Bajo
B90G3SVQ	17	4	7	4	0	3	Bajo
B30C	9	4	7	4	1	1	Bajo
A50	9	4	6	4	1	1	Alto
A80	10	4	6	4	2	2	Alto
A80H45AB	9	4	7	4	0	1	Alto
AE53	12	7	4	4	1	1	Alto
AX50RP58	15	9	9	4	1	1	Auxiliar
AX65H2P58	18	9	11	4	2	3	Auxiliar
AX80DM	44	35	29	4	2	2	Auxiliar
BS80H213	5	4	4	0	1	1	Bastidor
CL50RP58	16	10	10	4	1	1	Auxiliar
CL100C1	14	7	6	4	2	2	Auxiliar
ECL1C	11	6	0	0	0	0	Auxiliar
CM60R	19	9	7	5	1	5	Auxiliar
CM50RI	7	7	7	0	0	0	Auxiliar
CD50	5	5	5	0	0	0	Bajo
MB60	10	5	7	4	1	1	Bajo
MBS60	9	4	7	4	1	1	Bajo
BOT30	12	8	7	4	0	0	Alto
MBAX30G2P30	27	18	10	4	2	4	Auxiliar
ZOC	1	0	0	0	0	0	Complemento
LV	1	0	0	0	0	1	Complemento
FV	1	0	0	0	0	1	Complemento
CI	1	1	0	0	0	0	Complemento
PE	1	1	0	0	0	0	Complemento
REP	1	0	0	0	0	1	Complemento
CR	1	1	0	0	0	0	Complemento
FV65	29	21	20	15	1	5	Bajo

TABLA 4.1.1: Número de piezas que pasan por las estaciones de la línea principal por módulo

Basados en la tabla 4.1.1, lista de módulos significativos, se procederá a realizar el cálculo de los costos de fabricación. Es importante considerar que por razones de confidencialidad de datos críticos de la empresa, todos los costos presentados en esta tesis han sido modificados por un factor, por lo que no representan la realidad actual de la empresa.

4.2 CÁLCULO DE COSTOS INDIRECTOS

Para poder realizar los cálculos adecuados de los costos indirectos se han considerado los rubros enlistados a continuación:

- Salario unificado
- Horas extras
- Uniformes-ropa de trabajo
- Refrigerios y alimentación
- Agasajos y atenciones sociales
- Indemnizaciones personal
- Energía
- Agua
- Teléfonos convencionales
- Teléfonos celulares
- Gastos de viaje
- Correos - valija
- Viáticos y movilización
- Arriendos y alquileres
- Adecuaciones y mejoras
- Guardianía y monitoreo alarmas
- Mantenimiento-maquinaria y equipo

- Combustibles camiones
- Lubricantes camiones
- Matriculas vehículos
- Primas de seguros
- Pasajes y transportes
- Herramientas-repuestos y accesorios
- Suministros de oficina
- Limpieza
- Depreciación de activos fijos
- Capacitación personal
- Comisiones tercerización administración financiera.
- Arrendamiento mercantil
- Mantenimiento camiones
- Cajas chicas

Dentro de salarios unificados se incorporaron todos los sueldos del personal administrativo que trabaja en la fabrica, en donde se incluyen secretarias, gerente de producción, jefe de planta, supervisores de turno, jefe de bodegas, bodegueros, jefe de compras, personal de despacho y asistentes de mejorar y control de calidad. La estimación de estos costos para el año 2007 fue tomada del presupuesto de gastos indirectos de fabricación, con lo que se tuvo un gasto estimado anual por cada uno de los rubros descritos. Para pasar estos gastos a un costo por módulo se realizó un estudio estadístico para determinar la relación entre la producción de módulos y complementos. Para esto se estudió la producción de 7 semanas para verificar la proporción entre módulos, complementos y mesones fabricados. De este estudio se obtuvo los resultados presentados en la tabla 4.2.1.

SEMANA	MÓDULOS	COMPLEMENTOS	MESONES
5	48.85	41.82	9.34
6	38.49	51.14	10.37
7	36.84	52.97	10.19
8	40.20	48.91	10.88
9	40.24	50.34	9.42
10	36.19	53.74	10.08
11	32.01	57.32	10.67
Media P	38.97	50.89	10.14

TABLA 4.2.1: Producción semanal en porcentaje

La producción promedio de módulos que maneja la fábrica es 345 módulos semanales, con esta producción y por medio de las proporciones halladas de la tabla 4.2.1, se encontró que la producción promedio anual es de:

- Módulos: 17940
- Complementos: 23427
- Mesones: 4668

Utilizando la información presentada en la tabla de módulos significativos se determinó un promedio de piezas por módulo y por complemento que pasa por cada estación de trabajo. Con esto y la producción promedio anual encontrada anteriormente se determinó el promedio de piezas que pasan por cada estación anualmente. Adicionalmente, junto con el Gerente de producción y los supervisores de planta, se realizó una tabla de utilización de cada uno de los rubros por área, ya que no todas las áreas utilizan al personal y los recursos por igual. De esta manera se logró obtener un costo anual por área de cada rubro. Dividiendo esta información para las piezas promedio por área se encontró un costo por pieza por área para cada rubro. Sumando todos los rubros, se logró hallar un costo por pieza por área. Multiplicando este

valor por el número de piezas promedio se halló un costo por módulo por área y un costo por complemento por área. Los rubros que no era posible cargar a un área específica se dividieron para todos los códigos producidos y se los sumaron como costos fijos por módulo y por complemento. Sumando los costos de todas las áreas se encontró los costos indirectos totales los cuales se presentan a continuación en la tabla 4.2.2.

Producto	Costo Indirecto (USD)
Módulo	12.19
Complementos	4.83
Mesones	4.63
Moval, Edesa, FV	11.89

TABLA 4.2.2: Costos Indirectos

4.3 CÁLCULO DE COSTOS DIRECTOS

Para determinar los costos directos, primero se debe considerar que los dos rubros antes descritos de mano de obra directa y de materiales directos, se los tomará en conjunto. Para calcular estos costos se dividirá a la planta en dos partes. La primera parte involucra la fabricación de las partes y piezas de los módulos, esto incluye los procesos de Corte Giben, Laminar, Perforar, Acanalar, Bisagrar y Partes y Piezas Recepción. La segunda parte será la encargada de los procesos de Armar, Ensamblar y despacho de los módulos. Los costos de mano de obra directa serán calculados utilizando las fórmulas de tiempos halladas en el Capítulo III: Estudio de Tiempos. Con excepción del Corte Giben estas fórmulas pueden ser utilizadas directamente una vez conocidas las variables necesarias. En el Corte Giben se presenta un problema debido a que la ecuación encontrada depende del cronograma de corte dado por la máquina, el cual es muy variable, por lo que no se puede utilizar esta ecuación para pronosticar un tiempo por pieza. Por esta razón se realizó un análisis estadístico que permita determinar un tiempo promedio por pieza cortada. Este análisis se presenta a continuación en la sección 4.3.1.

4.3.1 Cálculo de tiempo Corte Giben por pieza

Una vez encontrada la ecuación de Corte Giben por Job se procedió a calcular el tiempo de Corte Giben por pieza. Es importante notar que primero se dividió en distintos grupos las diferentes piezas cortadas y para su división se utilizó las semejanzas existentes entre los esquemas. Los grupos son: estructuras blancas y Edesa, estructuras variadas, las cuales incluyen la mayoría de piezas de módulos de closets y cocinas, complementos y puertas. Para validar los distintos grupos mencionados se realizó varios gráficos de probabilidad en MINITAB y estos se presentan a continuación.

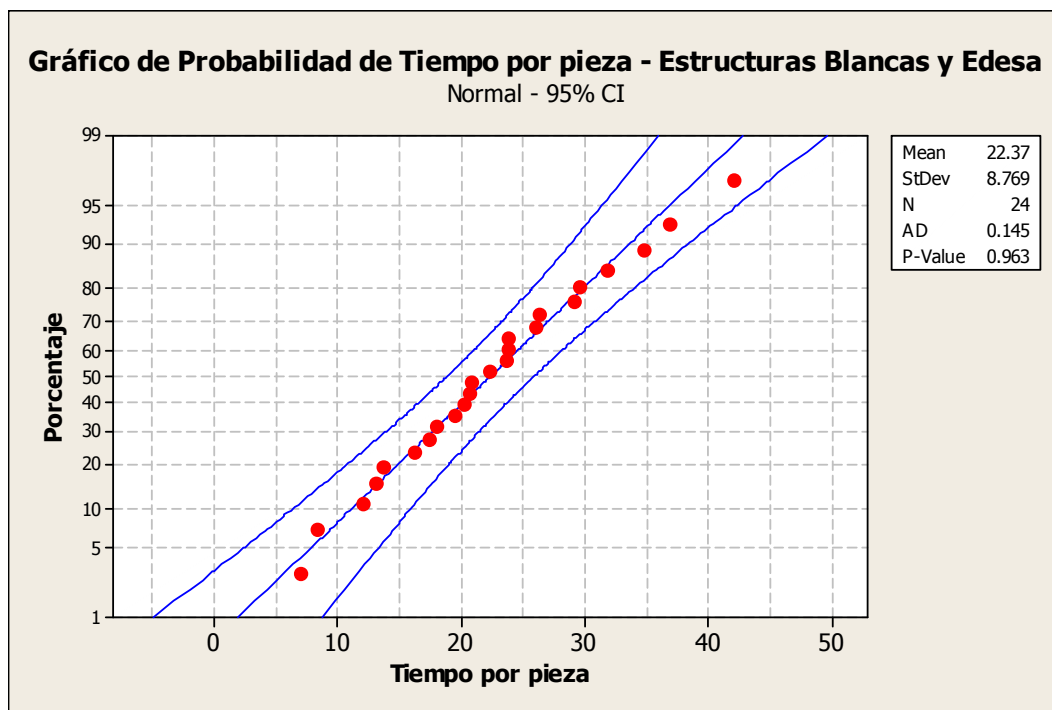


FIGURA 4.3.1: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Estructuras Blancas y Edesa

La figura 4.3.1 muestra que los datos siguen una distribución normal. Las estructuras incluidas en este grupo son blancas y los Jobs de Edesa debido a que los esquemas

proporcionados por el programa de la máquina Giben para este tipo de estructuras abarcan una gran cantidad de piezas.

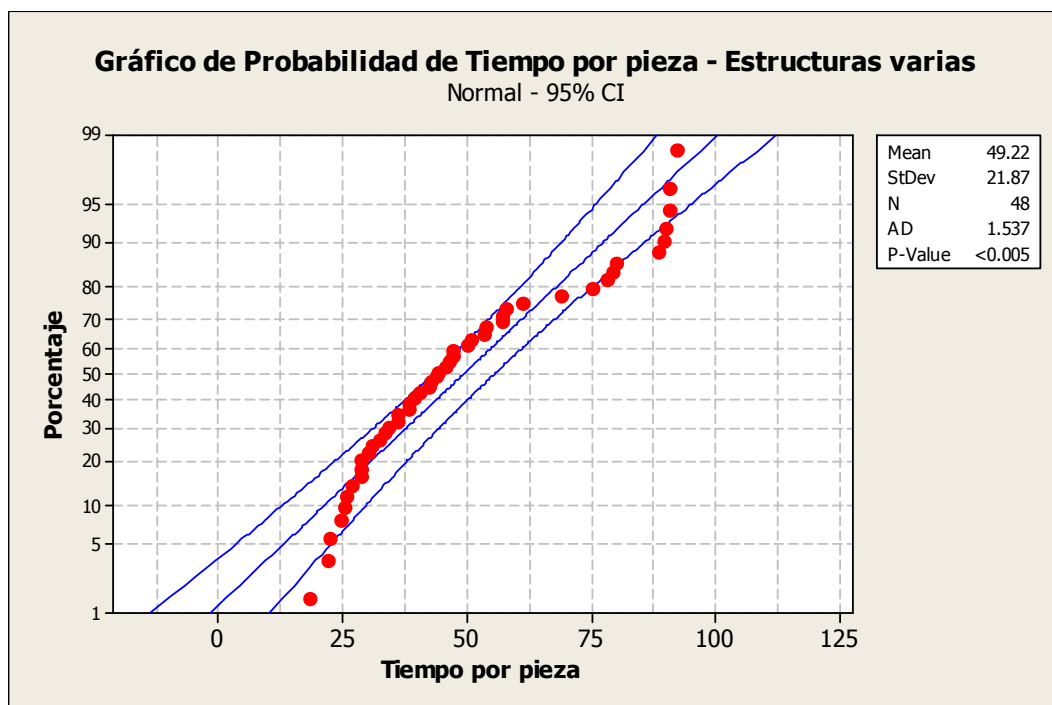


FIGURA 4.3.2: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Estructuras Varias

El gráfico de probabilidad de la figura 4.3.2 muestra que los datos no siguen una distribución normal. Se puede observar que existen dos poblaciones, por lo que se eliminan 16 Jobs que contienen menos de 10 piezas y se realizó un nuevo gráfico de probabilidad (figura 4.3.3).

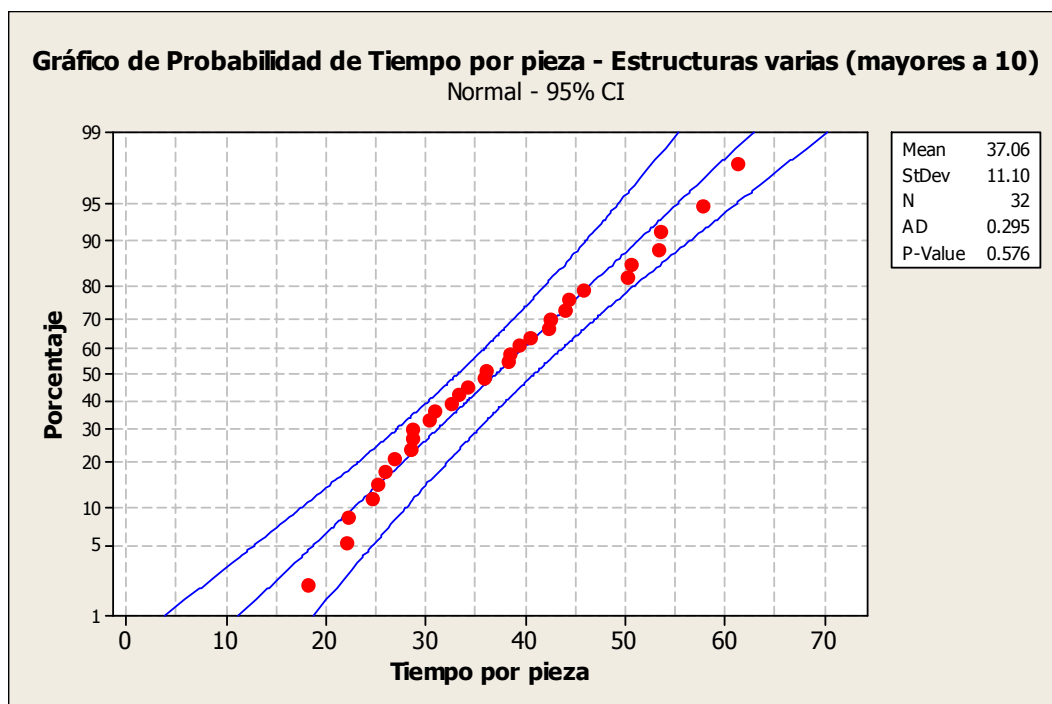


FIGURA 4.3.3: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Estructuras Varias (mayores a 10 piezas)

Se puede observar en la figura 4.3.3 que el grupo de datos sigue una distribución normal. Dado a que los Jobs que contienen menos de 10 piezas representan un porcentaje mínimo (1.3%) del total de piezas cortadas, se les considerará dentro de los resultados encontrados en este gráfico.

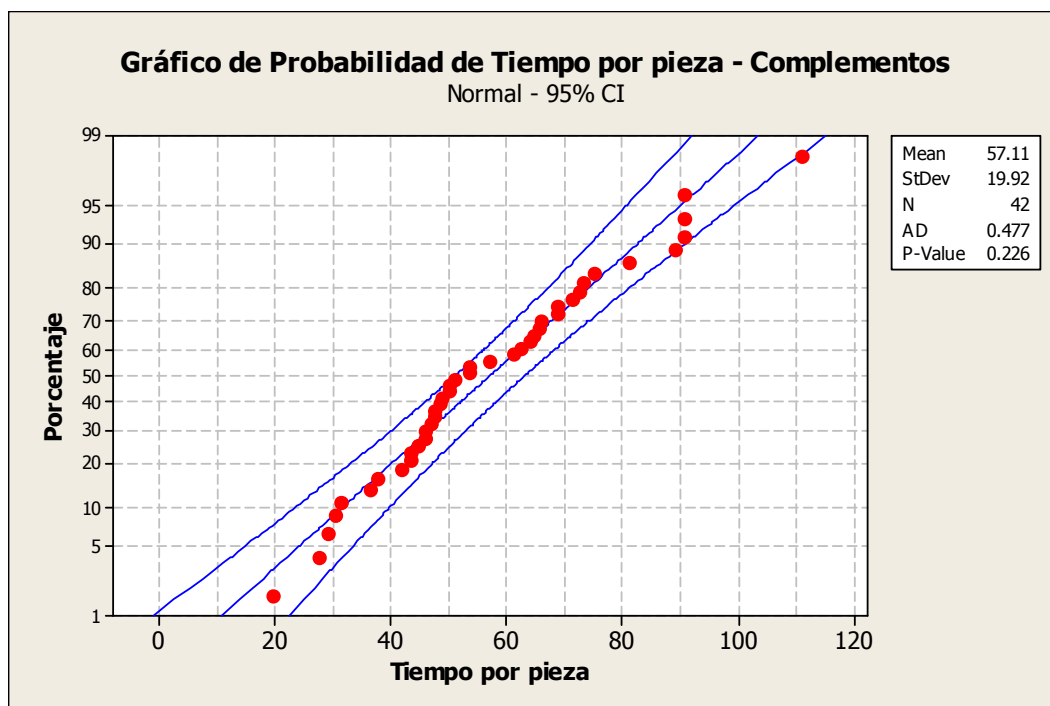


FIGURA 4.3.4: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Complementos

La figura 4.3.4 muestra que los tiempos de corte de complementos presentan una distribución normal. Es importante notar que se excluyeron dos Jobs que contenían 1 y 2 piezas respectivamente, por ser Jobs de muy pocas piezas.

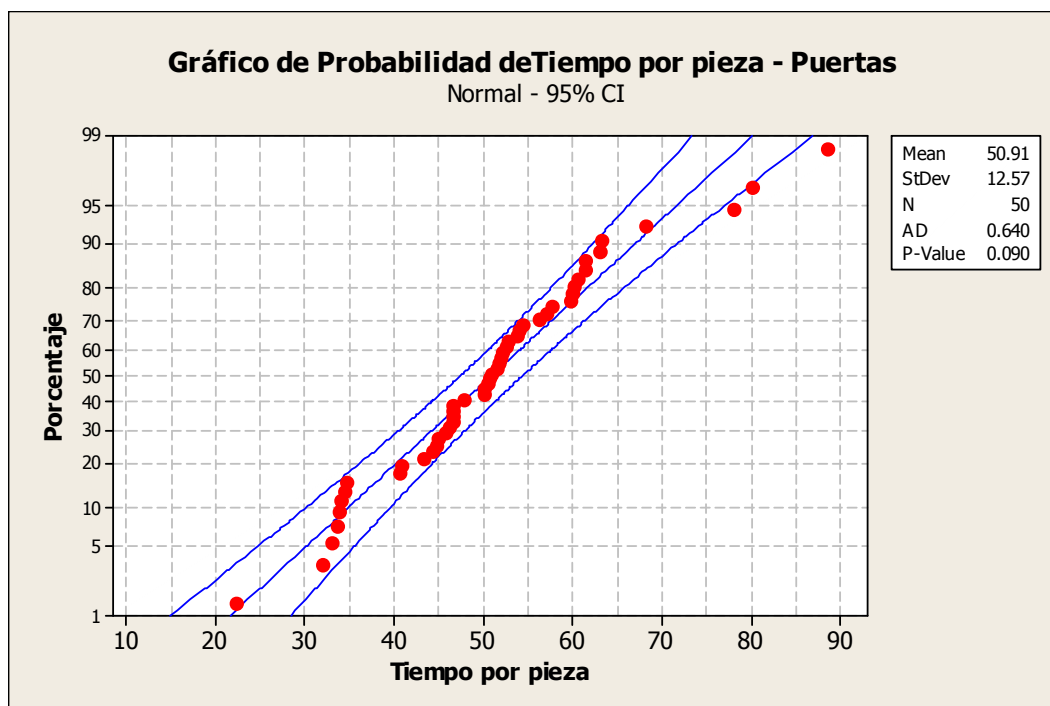


FIGURA 4.3.5: Gráfico de Probabilidad de Tiempo Corte Giben Puertas

La figura 4.3.5 presenta que los tiempos de corte de puertas tienen una distribución normal, ya que el valor P es mayor al nivel alfa establecido. Por lo tanto se puede utilizar los valores de media y desviación estándar dados por MINITAB para este estudio.

Como resultados generales de los distintos grupos se puede concluir de que al tratarse de poblaciones normales se puede utilizar la media más una desviación estándar como intervalo de confianza para calcular el tiempo de corte por pieza. Al utilizar lo mencionado se cubrirá aproximadamente el 80% de la variación. De los gráficos presentados anteriormente se obtienen los siguientes resultados.

Estructuras Blancas y Edesa: $22.37 + 8.8 = 31.17$ seg.

Estructuras varias: $37.06 + 11.1 = 48.16$ seg.

Complementos: $57.11 + 19.9 = 77.01$ seg.

Puertas: $50.91 + 12.6 = 63.51$ seg.

4.3.2 Procedimiento de cálculo de costos directos

Para el cálculo de los costos directos se construyó una matriz de costeo en Excel mostrada en el Anexo 5. En esta matriz se incluye el despiece completo del módulo en donde se incluyen todo el material utilizado en el módulo, y los costos de material respectivos. Para las piezas fabricadas, la matriz permite ingresar todas las variables necesarias en el cálculo de tiempos por área. Estas variables se ingresan en forma de números, los cuales indican las diferentes características de las piezas. Las variables utilizadas y sus códigos se indican a continuación:

- Laminado L1: Indica el número de largos laminados (0,1,2)
- Laminado L2: Indica el número de anchos laminados (0,1,2)
- Corte Giben: Indica en tipo de pieza (1 = Estructura blanca, 2 = puertas, 3 = complementos y 4 = estructura color).
- Tipo canto: Indica el tipo de lámina utilizada (1 = lamina normal, 2 = canto duro)
- Perforado:
 - Tipo p: indica el tipo de pieza para perforado. (0 = sin perforar, 1 = ajustes, 2 = piezas pequeñas, 3 = piezas grandes)
 - 1G: Indica el número de perforaciones de un golpe.
 - V: Indica el número de perforaciones de vuelta.
 - Corrido: La primera celda indica el número de veces que se perforara de corrido y las siguientes dos indican el número de perforaciones que se realizan cada vez.
- Ac: Indica en que lado se realiza el canal. (0 = ninguno, 1 = largo, 2 = ancho).
- Bis: Indica el número de bisagras. (0, 2 o 3).
- Tar: Indica el número de tarugos. (0, 2 o 4).
- P y P ent: Indica el tipo de pieza para la sección partes y piezas. (1 = Piezas módulos pequeños, 2 = laterales y puertas de Aux. y closets, 3 = complementos y piezas cajón).
- Tipo módulo: Indica el tipo de módulo (1 = Aux. o closet armado en obra, 2 = Aux. o closet armado en planta, 3 = módulo bajo, 4 = módulo alto, 5 = Complemento grande, 6 = complemento pequeño).

- Número puertas = Indica el número de puertas ensambladas en la planta.
- Número de cajones = Indica el número de cajones ensamblados en planta.

Es importante considerar que todas las celdas de la hoja de Excel que presentan la información mencionada se encuentran programadas para que el usuario elija la variable de un menú despegable, en el cual se muestra la información acerca del significado de cada valor.

Una vez ingresadas todas estas variables para el módulo y para todas las piezas, la matriz utiliza las fórmulas de tiempos encontradas anteriormente para calcular automáticamente los tiempos necesarios en cada área. Los costos de hora hombre por sección fueron proporcionados por el área de contabilidad. Con estos datos y los tiempos se encontró un costo de mano de obra por pieza por área. Sumando todas las piezas se encuentran un costo total por módulo por área. Sumando todas las áreas la matriz calcula un costo de mano de obra. Este costo se suma al costo de material para determinar un costo total de piezas, el cual representaría el costo directo incurrido en la primera parte de la fábrica. Adicionalmente, la matriz calcula un costo total por cada pieza del módulo y un costo total por pieza. Al costo de piezas se le suma el costo de mano de obra de las áreas de Partes y Piezas Entrega, Armado y Ensamblado con lo que se obtiene un costo directo total por módulo. Utilizando esta matriz se halló el costo directo total para todos los módulos y complementos significativos. Un ejemplo del cálculo realizado para el módulo B80P58 se presenta en el Anexo 5.

4.4 RESULTADOS DE COSTEO

Los resultados del estudio de costeo se presentan en la tabla 4.4.1 y 4.4.2. Se puede observar en estas tablas que existe una gran variación entre los costos de los diferentes módulos. Esta variación es causada por el costo de material, el cual se incrementa con la complejidad del módulo. Los costos de mano de obra presentan una menor variación, lo que se evidencia en los tiempos de producción por área. Todos estos datos servirán a la empresa para realizar un presupuesto dado el nivel de producción y comparar este con los gastos reales.

Módulo	Tiempos Total por proceso (seg.)							Costo directo total (USD)	Costo Indirecto (USD)	Costo Total (USD)	
	Corte Giben	Laminar	Perforar	Acanalar	Bisagrar	P y P	Armar				Ensamblar
Módulos Altos											
A50IH75	245	836	262	128	67	567	3098	356	25.04	12.19	37.23
A80H45AB	245	837	262	128	67	567	3098	471	37.99	12.19	50.18
A80H60	301	1054	262	132	133	577	3098	471	32.57	12.19	44.76
Media	264	909	262	129	89	570	3098	433			
Var	32.139	125.592	0	2.535	38.437	5.738	0	66.339			
CV	12%	14%	0%	2%	43%	1%	0%	15%			
Max	301	1054	262	132	133	577	3098	471			
Min	245	836	262	128	67	567	3098	356			
Módulos bajos											
B30P40BOT	285	398	537	180	67	760	3090	356	19.68	12.19	31.88
MBS60	277	993	229	122	133	578	3090	471	2.86	12.19	15.05
B30P58C	435	1225	452	122	67	877	3090	481	44.94	12.19	57.13
B50	269	472	299	128	67	552	3090	356	31.95	12.19	44.15
B60P58G4	578	1255	266	131	0	619	3090	971	65.82	12.19	78.01
B80P58	325	694	299	137	133	562	3090	471	44.12	12.19	56.32
B90P58G3SVQ	357	857	266	140	0	551	3090	808	374.82	12.19	387.01
EBT	301	640	262	136	133	577	3090	1378	111.49	12.19	123.68
MB60	230	632	299	97	133	583	3090	471	43.95	12.19	56.15
Media	340	796	323	133	81	629	3090	640			
Var	107.257	308.628	101.886	22.006	55.466	113.238	0	345.424			
CV	32%	39%	32%	17%	68%	18%	0%	54%			
Max	578	1255	537	180	133	877	3090	1378			
Min	230	398	229	97	0	551	3090	356			

TABLA 4.4.1: Resultados del estudio de costo para módulos altos y bajos

Módulo	Tiempos Total por proceso (seg.)								Costo directo total (USD)	Costo Indirecto (USD)	Costo Total (USD)
	Corte Giben	Laminar	Perforar	Acanalar	Bisagrar	P y P	Armar	Ensamblar			
Closets y auxiliares											
AX50IH198RP58	388	1085	414	222	118	1129	3171	0	73.31	12.19	85.5
AX65H138H2	316	957	578	209	118	1063	0	0	58.6	12.19	70.8
AX80H138DM	1012	2593	532	213	236	1870	0	0	115.48	12.19	127.67
CL100H198C1P58	396	931	574	237	236	1198	0	0	2.78	12.19	14.98
CL50IH198RP58	411	693	736	222	118	1185	3171	0	3.37	12.19	15.56
CM50RI	800	2111	576	247	118	1341	3171	971	162.14	12.19	174.33
CM60IH198R	800	2111	576	247	118	1341	3171	971	210.9	12.19	223.09
MBAX30G2P30	626	1728	746	211	133	1298	3171	645	5.08	12.19	17.28
Media	594	1526	591	226	149	1303	1982	323			
Var	254.428	699.964	107.395	15.528	53.591	249.984	1641.164	457.583			
CV	43%	46%	18%	7%	36%	19%	83%	141%			
Max	1012	2593	746	247	236	1870	3171	971			
Min	316	693	414	209	118	1063	0	0			
Complementos											
CITP	62	65	0	0	0	110	0	0	0.18	4.83	5.01
CR	24	0	0	0	0	110	0	0	0.08	4.83	4.91
FV60H75TP	62	220	0	0	0	81	0	0	7.8	4.83	12.63
LVAH75TP	62	217	0	0	0	81	0	0	4.54	4.83	9.37
PETP	124	228	0	0	0	91	0	0	0.4	4.83	5.23
REP30P30M	62	49	0	0	0	81	0	0	2.69	4.83	7.52
ZCMELH12	62	0	0	0	0	110	0	0	0.1	4.83	4.94
Media	65	111	0	0	0	95	0	0			
Var	29.396	106.045	0	0	0	14.395	0	0			
CV	45%	95%				15%					
Max	124	228	0	0	0	110	0	0			
Min	24	0	0	0	0	81	0	0			

TABLA 4.4.2: Resultados del estudio de costeo para closets y auxiliares y complementos

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE CAPACIDAD

5.1 METODOLOGÍA

Para realizar el análisis de capacidad de la línea principal se utilizó los tiempos promedio por tipo de módulo (alto, bajo, auxiliar o closet y complementos) para cada área. Estos tiempos se muestran en la tabla de resultados presentada en la sección de resultados de costeo 4.4. Al utilizar estos datos se está asumiendo que los módulos representativos son una buena aproximación a todos los tipos de módulos de la planta y que todos los diferentes módulos de un mismo tipo se fabrican por igual. La primera suposición se cumple debido al método utilizado para la selección de módulos significativos. La segunda suposición es factible para todos los tipos de módulos con excepción de los bajos. En esta sección se realizó un promedio ponderado de los tiempos, dando más peso a los módulos que tienen mayor número de producción. Los pesos fueron determinados basados en la experiencia del supervisor de planta, debido a que no existían datos de donde se pudiera determinar una relación más real.

Una vez obtenidos los tiempos, fue necesario encontrar una relación entre módulos altos, bajos y closets. Para esto se realizó un estudio de la producción de 4 semanas, con lo que se pudo obtener los resultados presentados en la tabla 5.1.1.

MÓDULOS	SEMANA				TOTAL (P media)
	2	8	11	12	
ALTOS	12.02%	23.53%	12.54%	35.59%	20.58%
BAJOS	43.75%	31.76%	74.91%	35.14%	47.84%
AUXILIARES	44.23%	44.71%	12.54%	29.28%	31.58%

TABLA 5.1.1: Resultados estudio de producción de módulos de 4 semanas

A pesar de que se evidencia una alta variabilidad entre la proporción de módulos fabricados, lo que haría necesario un mayor número de semanas de información, la carencia de más datos obliga a utilizar estos valores como un estimador de la proporción de módulos. También, se utilizará la proporción entre complementos y módulos fabricados encontrada en el estudio mencionado anteriormente y cuyos resultados se presentan en la tabla 4.2.1. Otro aspecto que se tomó en cuenta es el hecho de que no todos los módulos auxiliares son armados y ensamblados en la planta. Se determinó, según la experiencia del gerente de producción, que en promedio un 70% de los módulos auxiliares y closets son armados en la planta y que un 50% de estos deben pasar por el área de ensamblado. Por otro lado, un cambio adicional que se debió realizar es la separación de los tiempos de armado en tiempos de armado y tiempos de prensa, ya que es necesario calcular la capacidad de estas áreas por separado.

El último dato utilizado en este análisis es la capacidad medida en horas hombre de cada sección. Toda la línea principal trabaja con dos turnos de 8 horas, a excepción del proceso de Acanalar y Bisagrar que solamente trabaja con un turno de 8 horas. En el área de Partes y Piezas trabajan 3 empleados al mismo tiempo realizando distintas actividades, por lo que la capacidad de esta área es 48 horas hombre al día. De igual manera ocurre en el proceso de Ensamblar en donde trabajan dos empleados, sumando un total de 32 horas hombre al día. La prensa que se utiliza en el proceso de Armar, tiene una capacidad de 8 módulos pequeños o 4 grandes, por lo que se ajustó su capacidad a 120 horas y se duplicó el tiempo en prensa de los módulos grandes para compensar el hecho de que utilizan el doble de espacio.

Considerando todos estos aspectos mencionados se construyó una matriz en Excel que permita simular el número de módulos y complementos que se podría producir en cada área en las horas disponibles, guardando las proporciones entre tipos de módulos y entre módulos y complementos. Para realizar esta simulación se utilizó el “Solver” de Excel. La matriz que presenta los cálculos de la simulación se muestra en el Anexo 6. Por medio de esta matriz se logró obtener la capacidad real de las diferentes áreas de la planta.

Al tener estos datos sobre la capacidad real, se prosiguió al cálculo de la eficiencia. Para realizar esto primero se debió comparar la capacidad real hallada y mostrada en la matriz del Anexo 6, con la producción promedio que maneja la planta. (Stevenson, 180) En la actualidad esta producción promedio se encuentra en los 346 módulos para todas las áreas con excepción de armado en donde se arman un promedio de 315 módulos y el área de ensamblado en donde se ensamblan en promedio 295 módulos. Estos datos fueron proporcionados por el gerente de producción de Madeval Fábrica.

5.2 RESULTADOS

El resultado del análisis de capacidad y eficiencia se muestra en la tabla 5.2.1. Como se puede observar en la tabla 5.2.1 presentada a continuación, las dos secciones con menor capacidad son el área de laminado y el de armado. Estas áreas constituirían el cuello de botella de la planta por lo que la capacidad de producción total estaría marcada por la capacidad de estas dos áreas. De esto se obtiene que la planta, con sus procesos actuales, estaría en capacidad de producir un total de 475 módulos semanales, de los cuales 405 podría entregarlos armados y los restantes 70 como partes y piezas para ser armados en el lugar de su instalación. En esta misma tabla se observa que los niveles de eficiencia actuales de todas las áreas son bajos, lo que evidencia que la planta esta desperdiciando recursos. Además el resultado del estudio evidencia un desbalanceo de la línea de producción. Estos resultados deben representar un punto de partida para la empresa para buscar posibilidades de mejora y evaluar su desempeño.

	Proceso									
	Corte Giben	Laminar	Perforar	Acanalar	Bisagrar	P y P	Armar	Armar - Prensa	Ensamblar	
Capacidad real semanal (Módulos)	615	475	765	900	1335	920	405	720	1060	
Producción promedio (Módulos)	346	346	346	346	346	346	315	315	295	
Eficiencia	56%	73%	45%	38%	26%	38%	78%	44%	28%	

TABLA 5.2.1: Análisis de Capacidad y Eficiencia de los procesos de la línea de producción principal

5.3 MATRICES PARA CÁLCULO DE CAPACIDAD NECESARIA

Adicionalmente al análisis de capacidad presentado en la sección 5.1 y 5.2, se realizaron tres matrices que permitan calcular los tiempos necesarios de operación en cada área de la planta dado un nivel de producción. Las matrices se encuentran ordenadas según el detalle de la producción planificada. La primera matriz, presentada en el Anexo 7, calcula el tiempo necesario por sección dada únicamente la producción total de módulos semanal. Para esto se utiliza las relaciones entre tipos de módulos presentados en la tabla 5.1.1 y entre módulos y complementos mostrados en la tabla 4.2.1. La segunda matriz, que se muestra en el Anexo 8, realiza el mismo cálculo, pero permite ingresar el número total de módulos de cada tipo y complementos a fabricar en la semana. La última matriz, presentada en el Anexo 9, calcula el tiempo necesario por sección basado en el nivel de producción de cada módulo significativo. Madeval Fábrica utilizará estas matrices para poder estimar los tiempos necesarios en cada sección de la planta y de ésta manera podrá realizar una mejor planificación de la producción tomando en cuenta su capacidad. Adicionalmente, con estas matrices el área de producción de la empresa podrá dar seguimiento al cumplimiento de los tiempos estándar.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

- El realizar un levantamiento de procesos en la planta de producción de Madeval fue esencial para determinar las operaciones de cada proceso que se debían considerar en el estudio de tiempos estándar. Los flujogramas de los procesos de producción permiten visualizar de manera organizada los procedimientos y operaciones que los operarios deben seguir para realizar el proceso de forma adecuada. También, sirven de base para poder estandarizar los procesos de la planta de producción.
- Los flujogramas sirven como una fuente de información clave para monitorear durante la toma de tiempos, que los operarios estén realizando el proceso con las operaciones establecidas y en el orden adecuado.
- El estudio de tiempos estándar permite analizar de manera estadística los tiempos de cada operación que conforman un proceso para poder establecer ecuaciones de tiempos estándar para el proceso en general.
- El estudio de tiempos resultó ser una tarea más laboriosa de lo planificado debido a la cantidad de datos que se necesitaron para lograr el ajuste estadístico que permita utilizar los estimadores de tiempo encontrados para inferir los tiempos de operación futuros.
- La estadística representó una herramienta fundamental en el análisis de los datos de tiempo, sin embargo es necesario tomar en cuenta que siempre se debe medir el beneficio de una mayor exactitud con el costo involucrado en conseguir datos extras. Si los tiempos necesarios para tomar los datos requeridos por la teoría son muy altos, se justifica el trabajar con un menor número de datos, flexibilizando un poco los requerimientos teóricos.
- El realizar un proyecto real no permite aplicar las teorías al pie de la letra por lo que se debe buscar alternativas para adaptarla de mejor manera, de forma que se pueda

cumplir los objetivos del proyecto así como las necesidades y requerimientos de la empresa dueña del proyecto.

- La exactitud de los tiempos estándar encontrados es crítica para que el costeo del producto sea de utilidad, caso contrario se corre el riesgo de que se esté subestimando o sobreestimando los costos. Esto podría traer mayores problemas a la empresa que el hecho de no tener datos algunos sobre costos.
- Del estudio de costeo se encontró que los costos de mano de obra directa representan un porcentaje mínimo del costo total del producto, el cual está determinado principalmente por los materiales. Por esta razón se concluye que el control de la utilización óptima de materiales es el factor más crítico para mantener los costos de producción dentro de los valores establecidos.
- La alta variedad de módulos producidos por Madeval hizo imposible el costeo de todos los productos, por lo que fue necesario encontrar una lista reducida de módulos cuyos costos sirvan como base para costear todo el resto de productos ofrecidos.
- El estudio de capacidad permite concluir que la planta no tiene necesidad de emplear horas extras para cumplir con los niveles actuales de producción, el tener que hacerlo disminuiría los niveles de eficiencia encontrados.
- Finalmente, se concluye que un estudio de tiempos estándar y un diseño de costeo de producto para una empresa contribuye a ésta mayormente, ya que permite trabajar bajo valores reales y establecer planificaciones más fiables para los procesos, en lugar de trabajar bajo estimaciones sin mucha referencia como lo hacía Madeval Fábrica. También, se podría considerar a estos aspectos como básicos para el desarrollo de una empresa como Madeval debido a que esto puede llevar a optimizar los procesos que se manejan dentro del área de producción y en sí, se logrará una reducción de costos operativos.

6.2 RECOMENDACIONES

- Madeval debería trabajar en base al levantamiento de procesos proporcionado cuidando de que esto se cumpla y así poder estandarizar procesos y trabajar de manera más eficiente. Se debe tomar en cuenta que para que este estudio se aplicable se debe trabajar bajo los procesos descritos.
- Se recomienda a la planta el balancear mejor su línea de producción mediante la capacitación cruzada de sus trabajadores, para que los trabajadores de las áreas menos ocupadas puedan ayudar en áreas con congestión.
- Debido a que el nivel de producción actual se encuentra muy cercano a la tasa de producción del cuello de botella es necesario trabajar en el mejoramiento de los procesos en estas áreas para mejorar su rendimiento e incrementar su capacidad. Esto se puede lograr con una mejor planificación de la producción para disminuir el tiempo no operativo de las áreas.
- Es recomendable que Madeval mantenga actualizado los datos de costos y realice estudios de tiempos por lo menos una vez al año a manera de validación, esto le permitirá comprobar si los tiempos de fabricación se ajustan a las ecuaciones encontradas en este estudio, y en caso de encontrar problemas se podrá realizar las correcciones necesarias. Mediante esto Madeval podrá confiar en la información de tiempos y costos, haciendo de esta algo útil.
- Finalmente, en caso de ser necesario, se recomienda tomar las consideraciones y análisis presentados en este proyecto de tesis como referencia para la realización y aplicación de proyectos similares en otras empresas.

BIBLIOGRAFÍA

DeVor, Richard, Tsong-How Chang y John Sutherland. *Statistical Quality Design and Control*. New Jersey, Prentice Hall, 1992.

Greene, James. *Control de la producción, sistemas y decisión*. México, Diana, 1981

Hodson, William. *Maynard Manual del Ingeniero Industrial*. Tomo 1. México, McGraw-Hill, 1998.

Montgomery, Douglas y George Runger. *Probabilidad y Estadística*. México, McGraw-Hill, 1996.

Niebel, Benjamin y Andris Freivalds. *Ingeniería industrial métodos, estándares y diseño del trabajo*. México, Alfaomega, 2004.

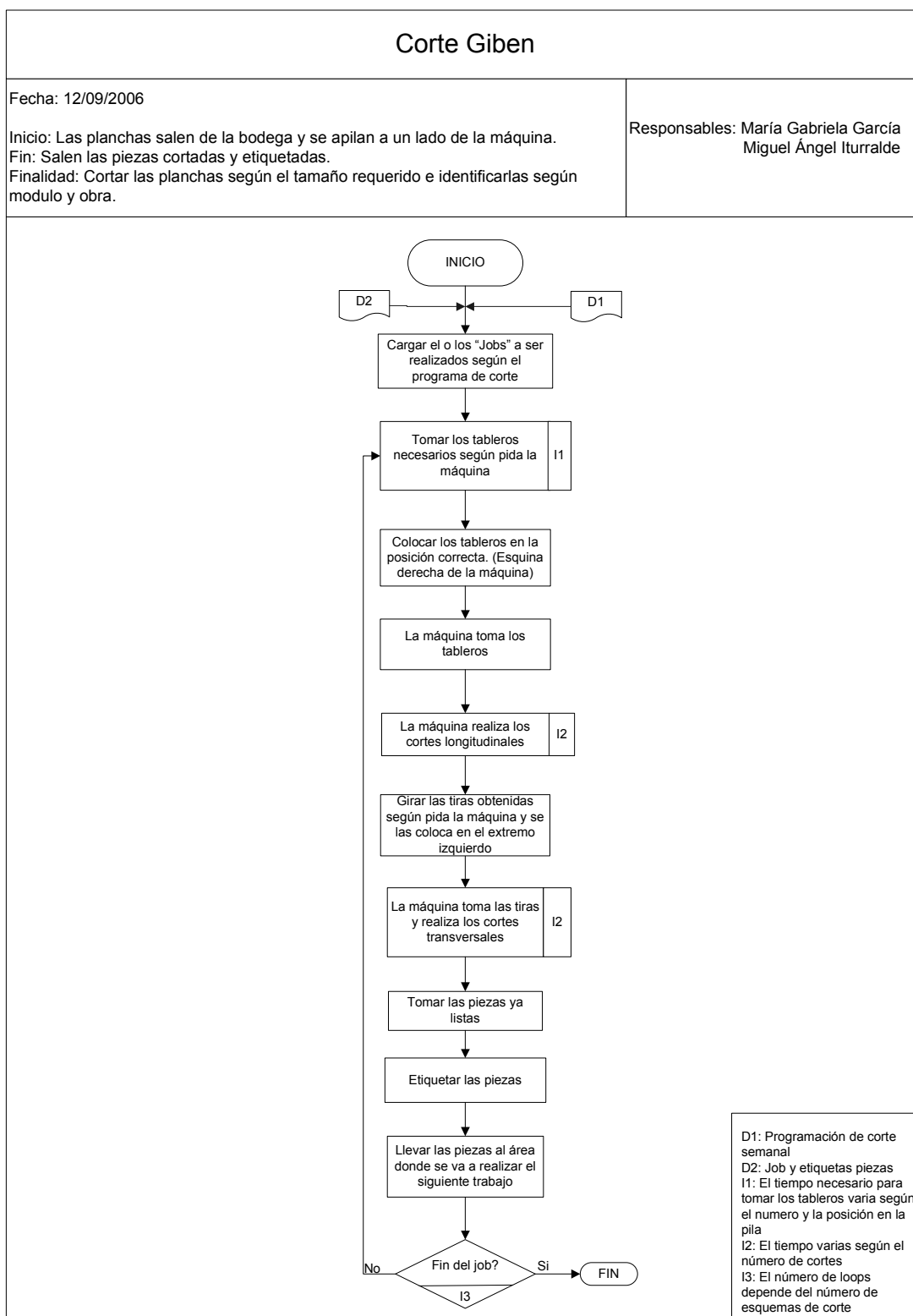
Sixsigma. *Flow Charts*. Internet. 2003
<http://www.isixsigma.com/Flowchart-431.htm>

Stevenson, William. *Operations Management*. Boston, McGraw-Hill, 2007.

Técnicas de Análisis Administrativo. Internet, 2005.
www.ucbcba.edu.bo/carreras/admi/seminario/diagramacion

ANEXOS

ANEXO 1: FLUJOGRAMAS DE PROCESOS DE PRODUCCIÓN



Corte Altendorff

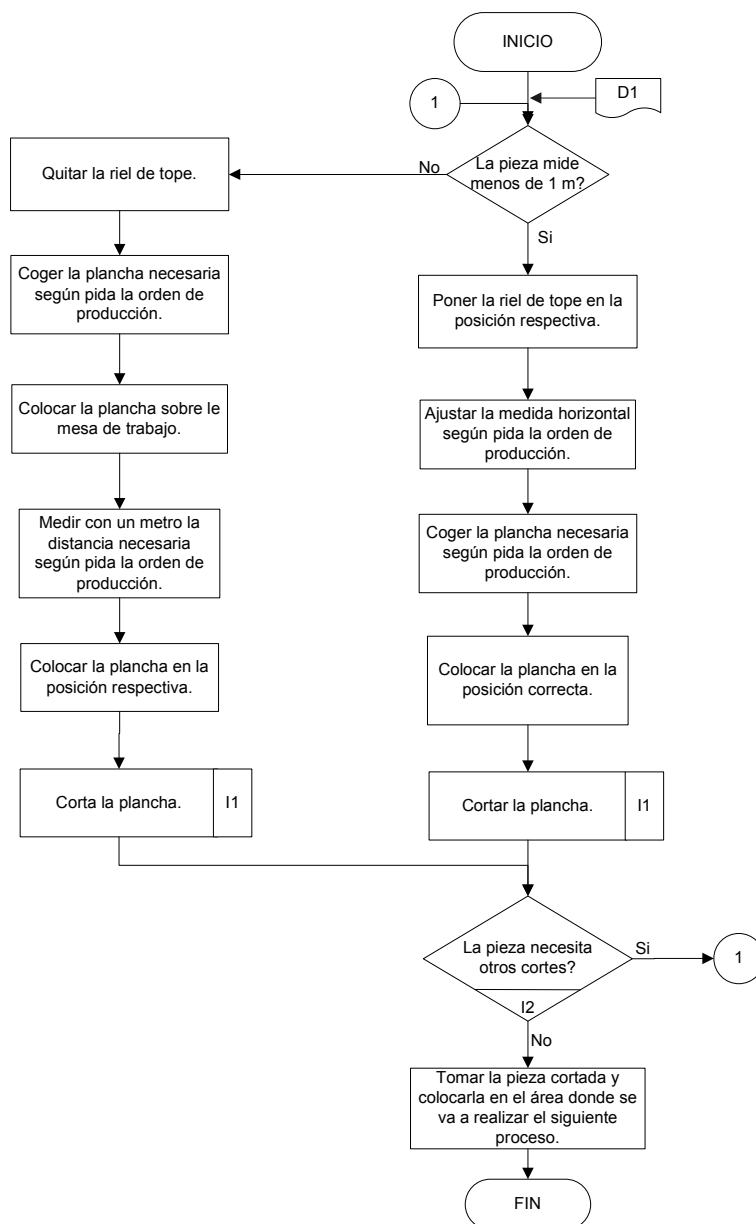
Fecha: 12/09/2006

Inicio: Las planchas salen de la bodega.

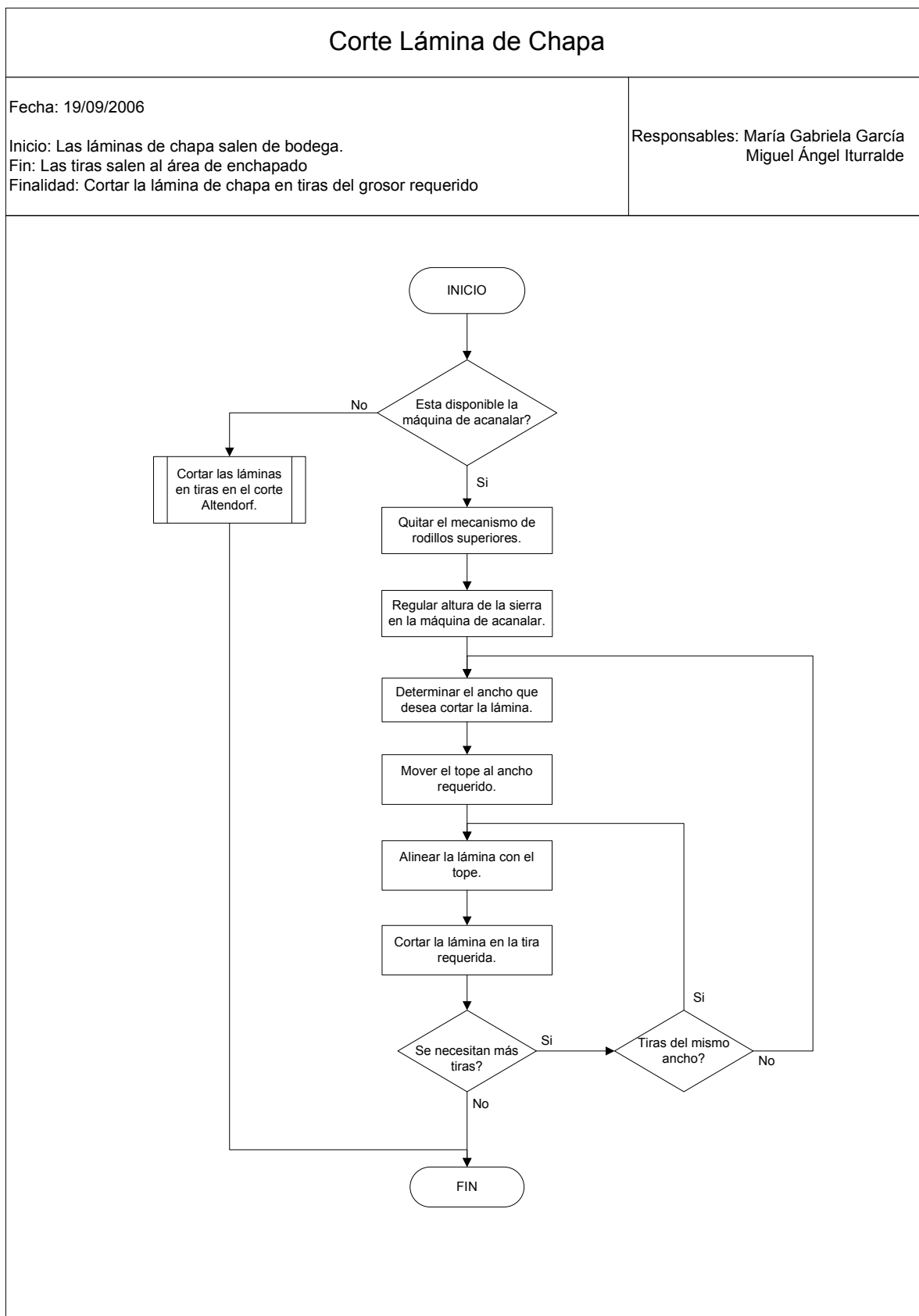
Fin: Salen las piezas cortadas .

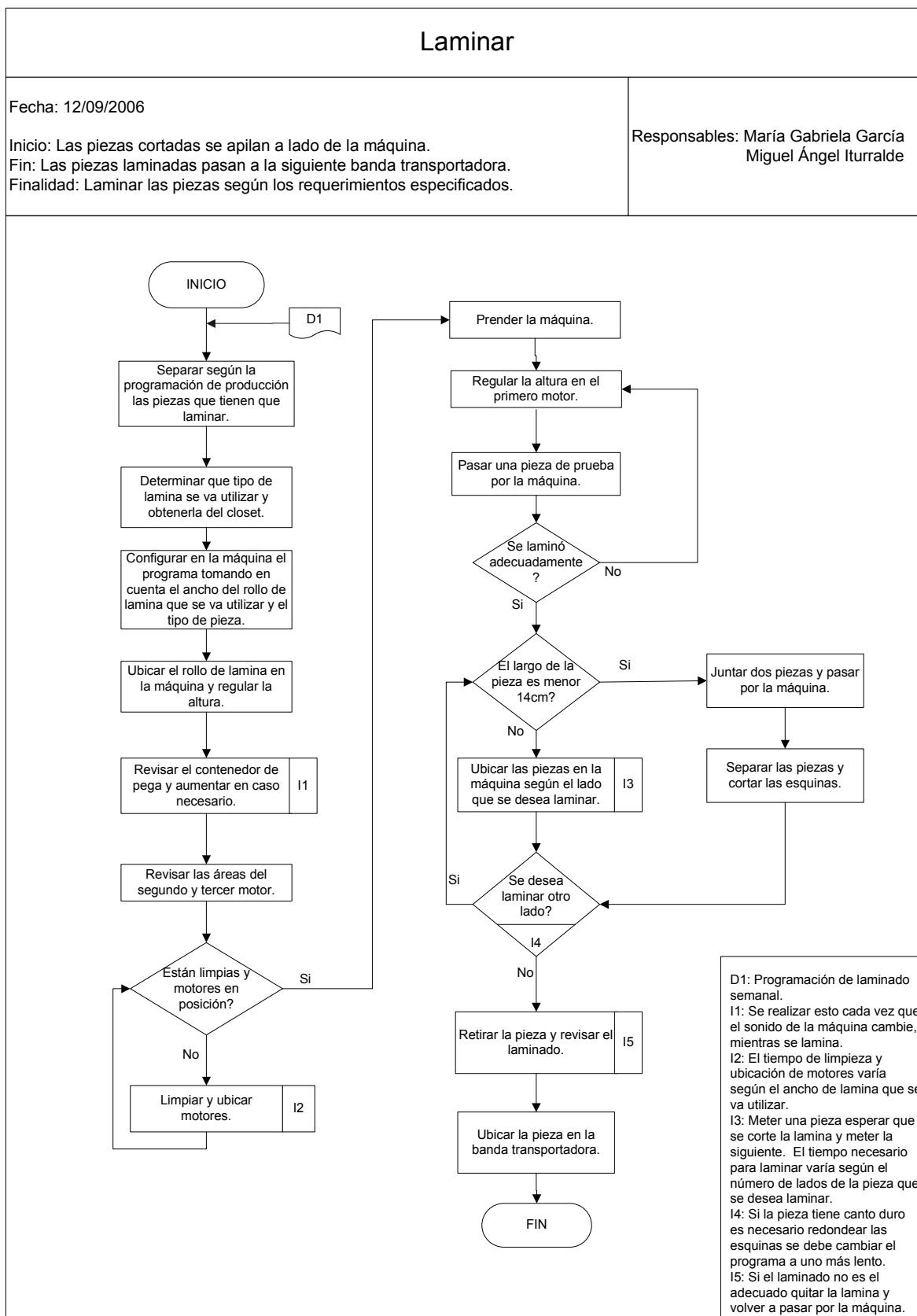
Finalidad: Cortar piezas específicas que no pueden ser cortadas por el corte Giben.

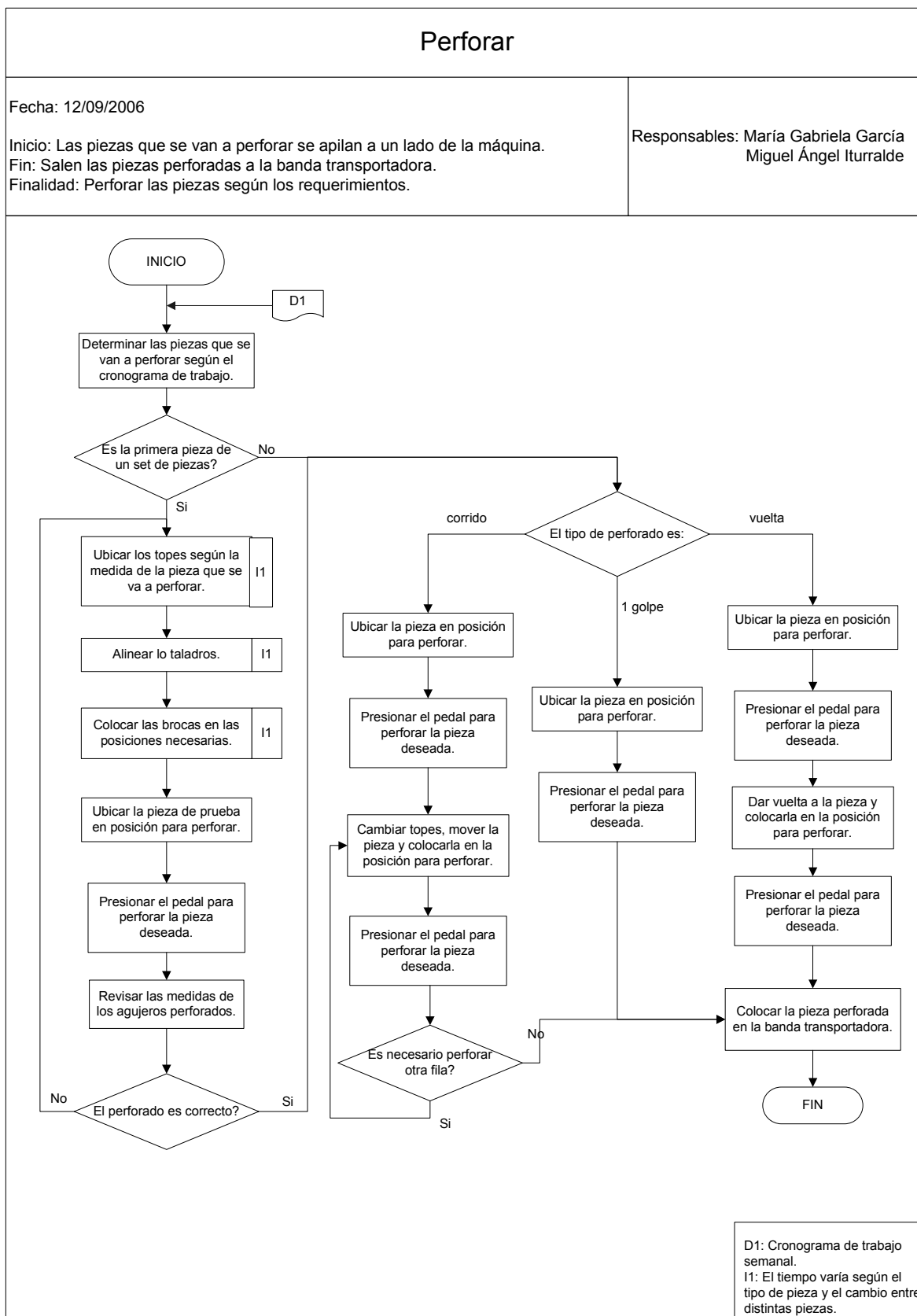
Responsables: María Gabriela García
Miguel Ángel Iturralde

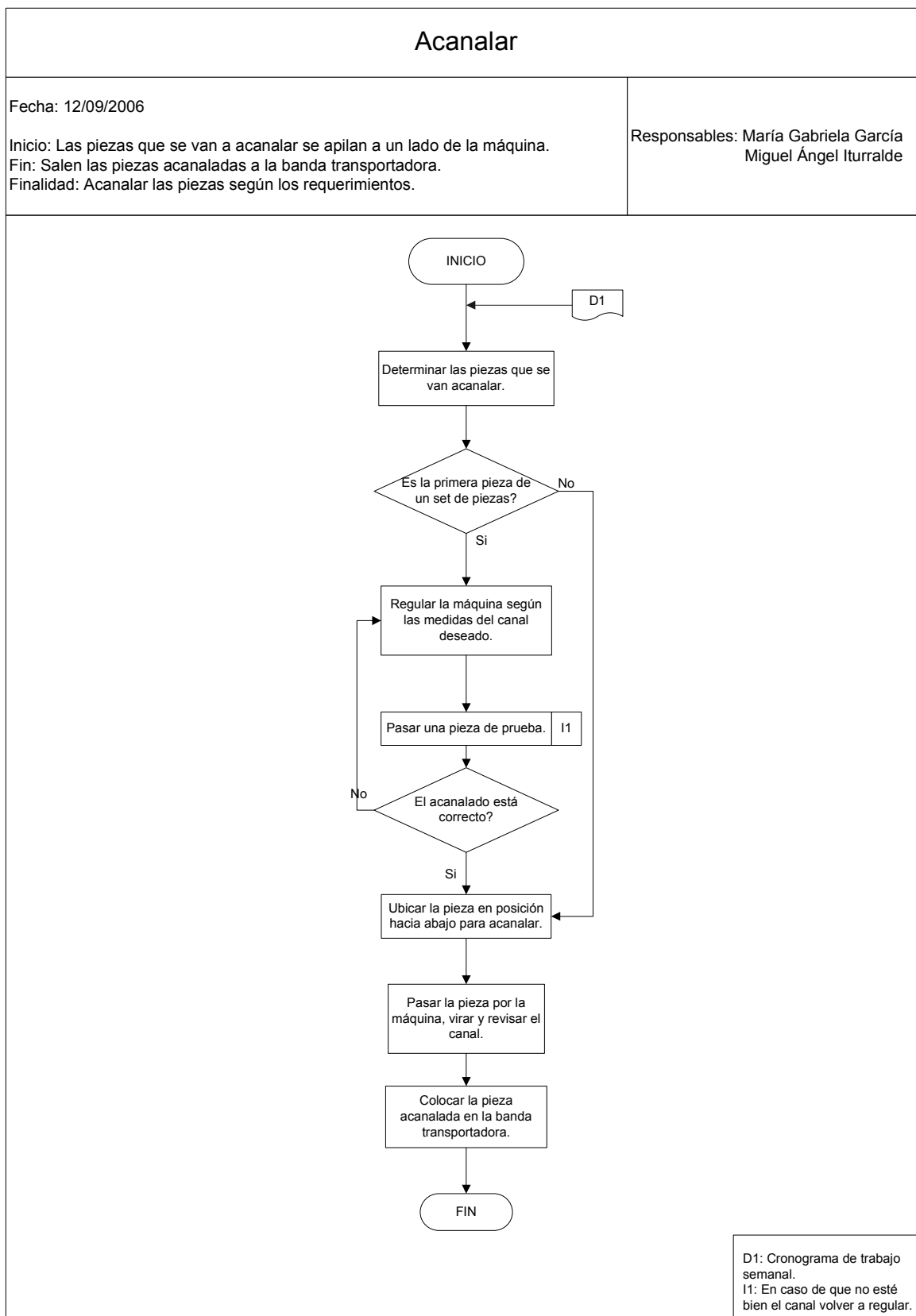


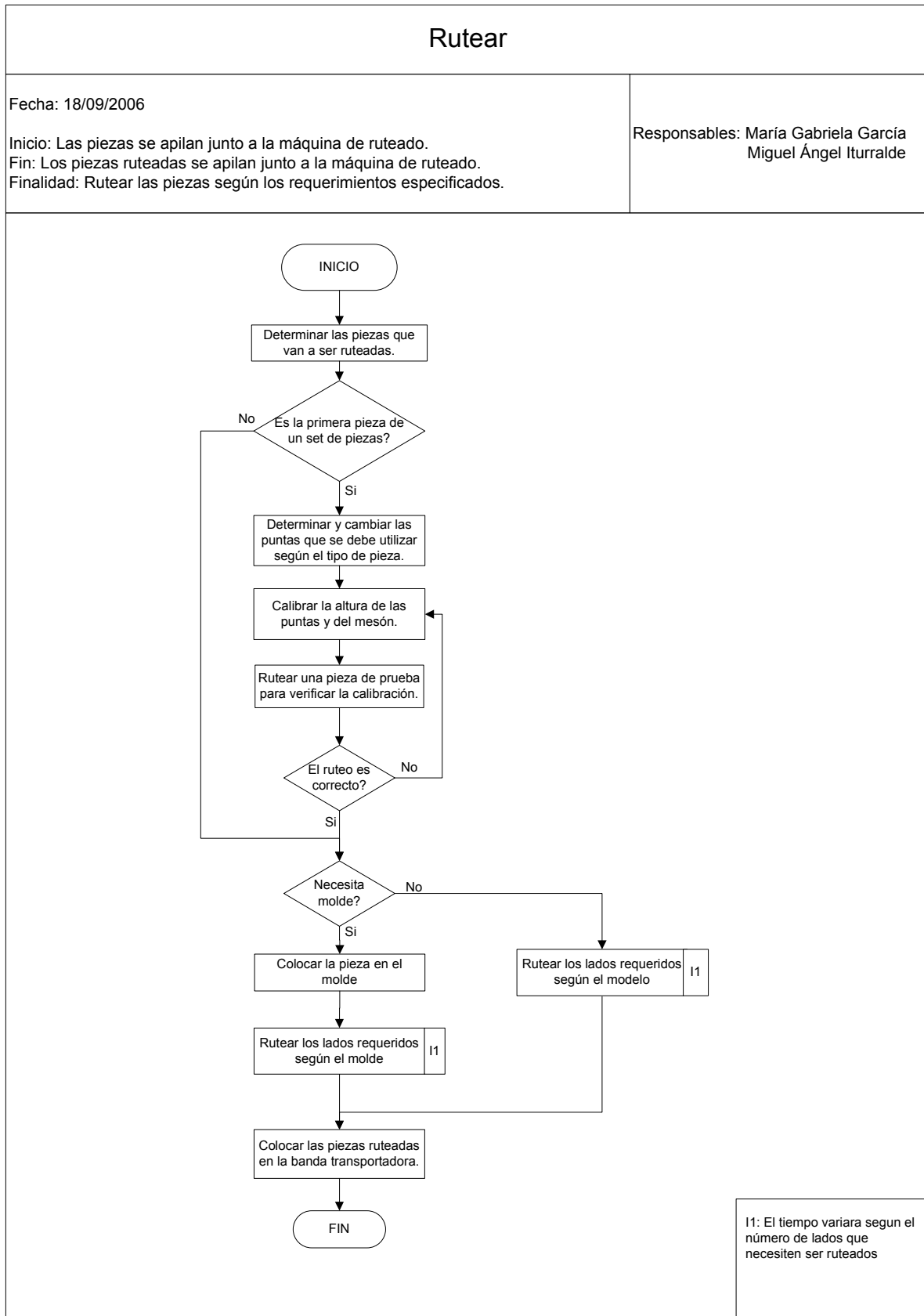
D1: Programación de corte semanal.
I1: El tiempo de la operación varía según el tamaño de la plancha
I2: El tiempo de corte dependerá del número de cortes necesarios en la pieza

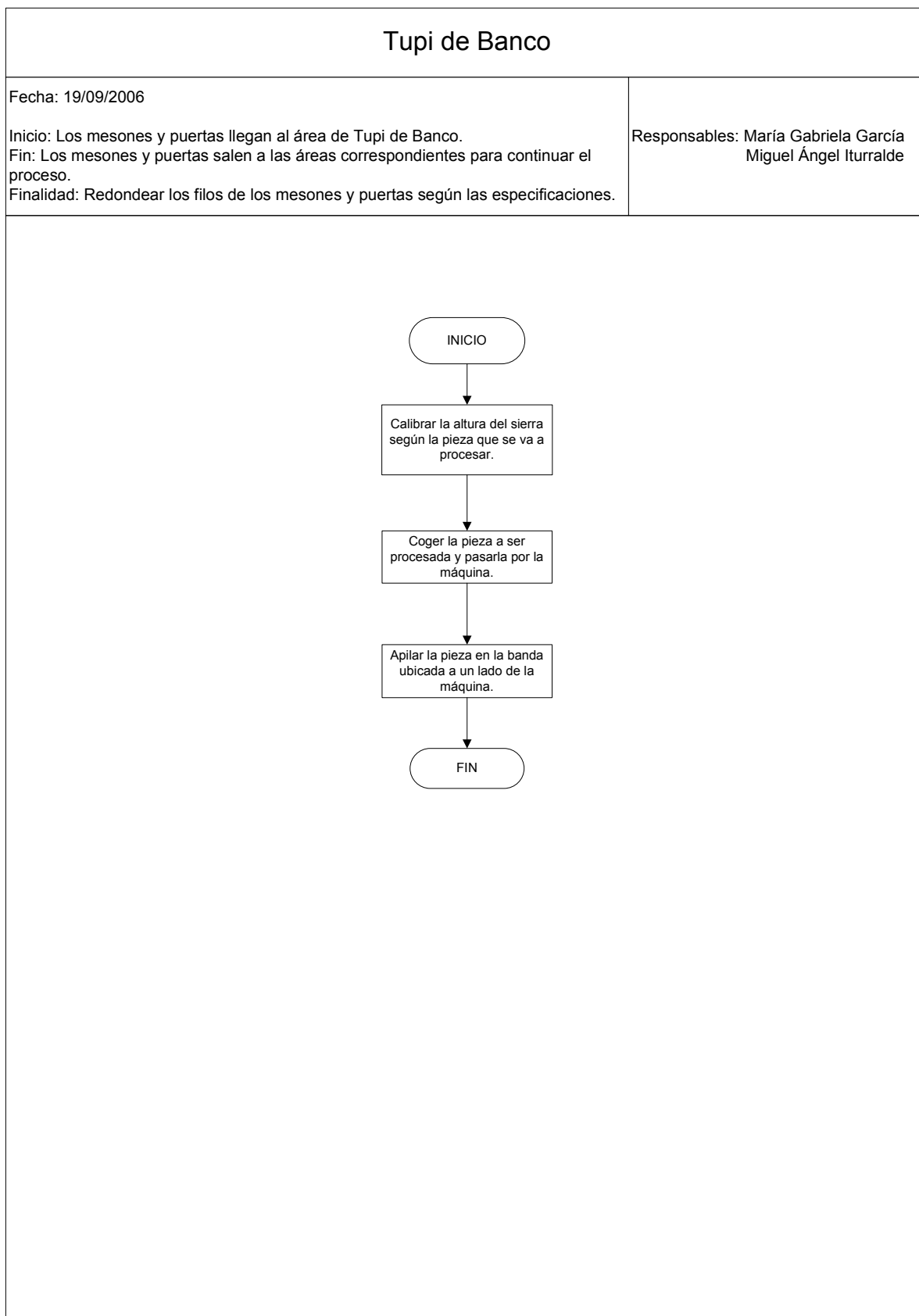


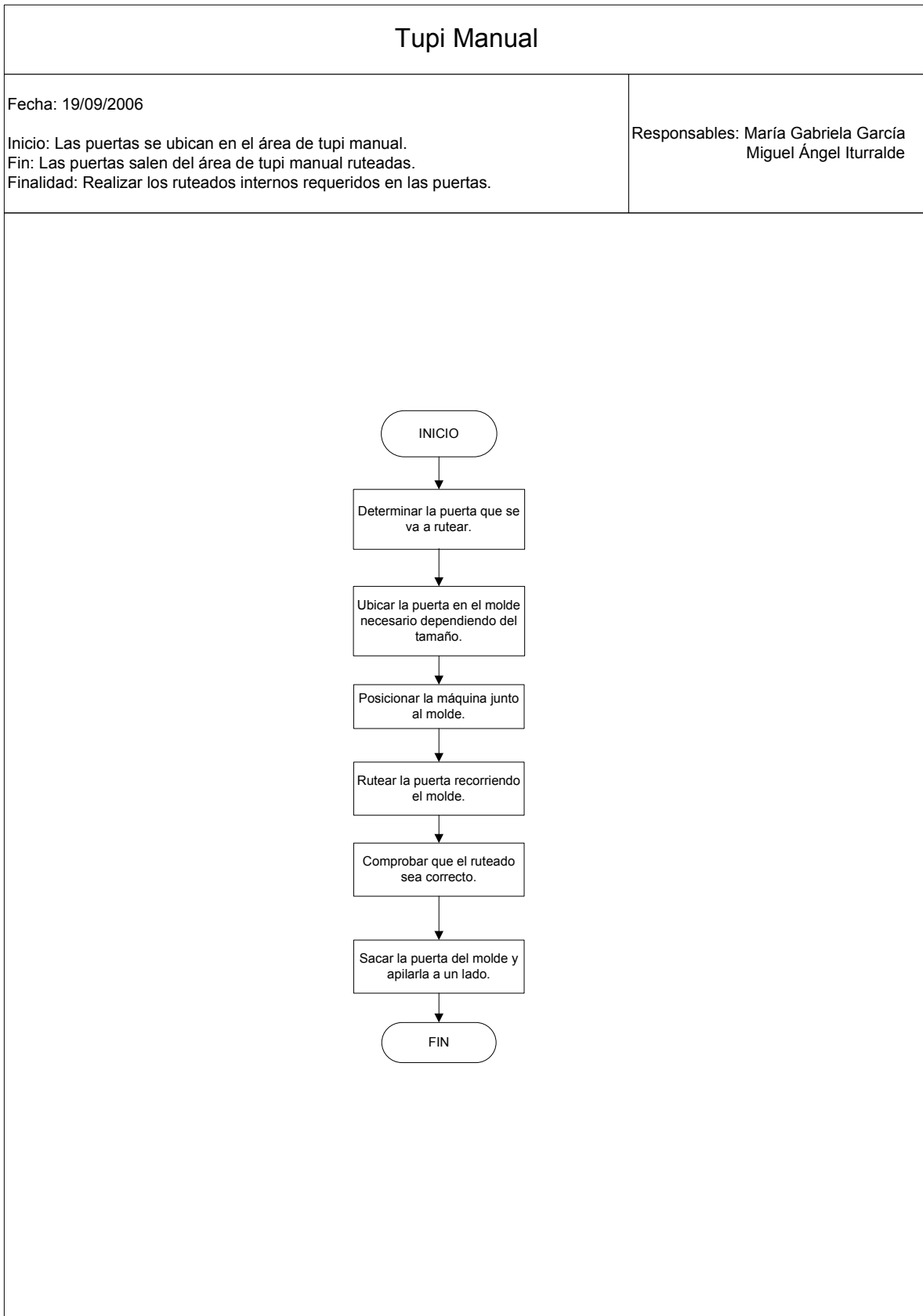


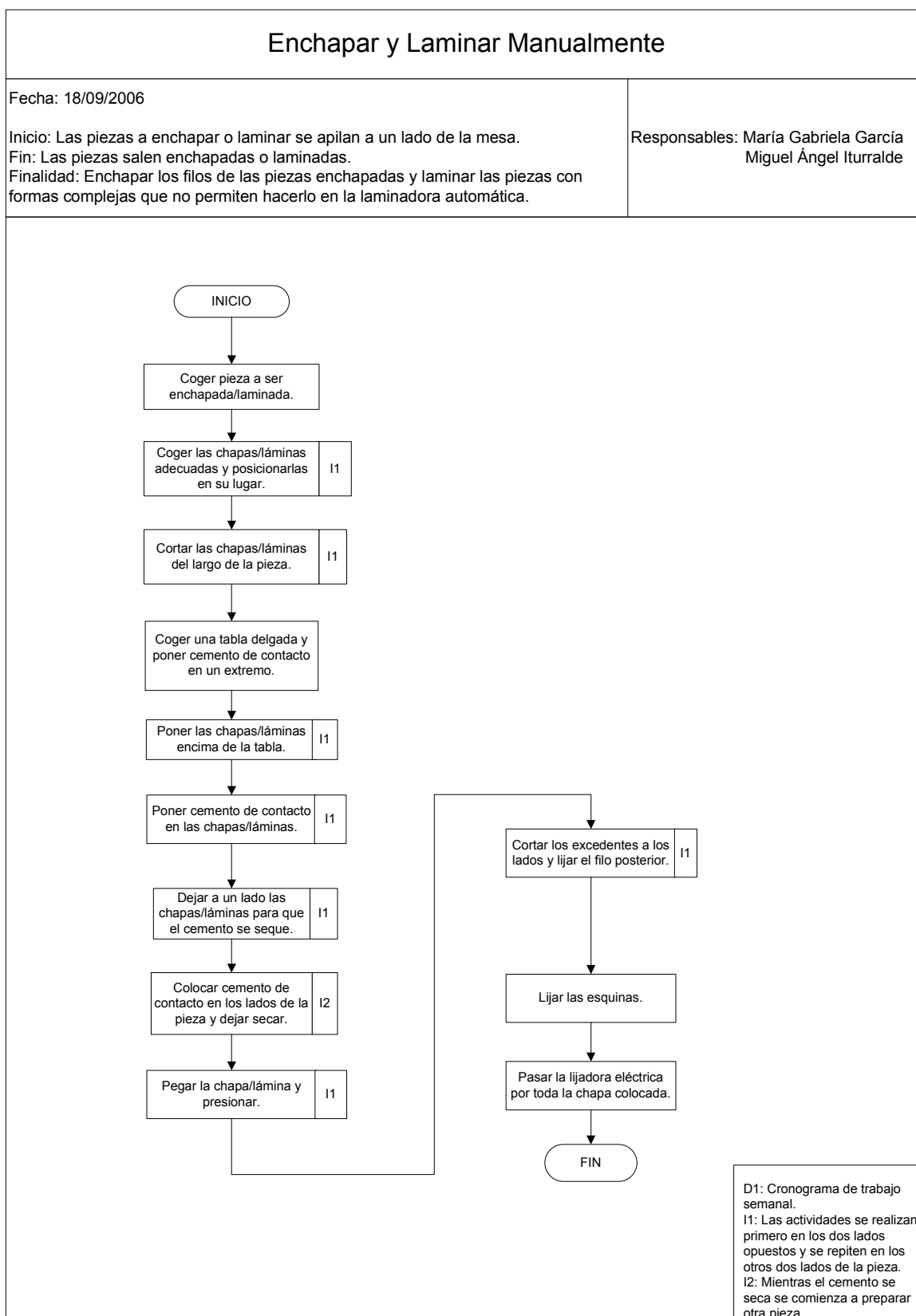


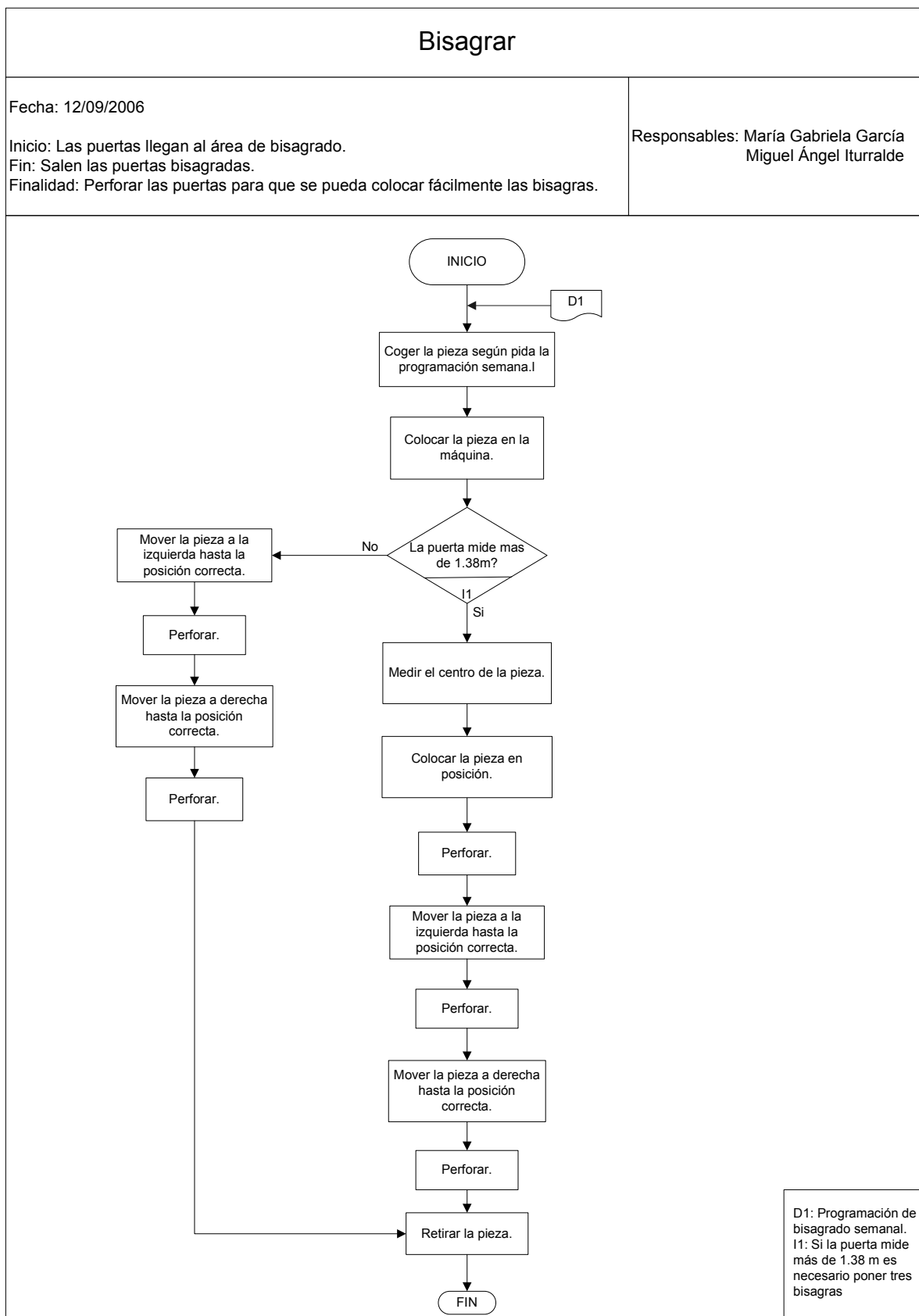










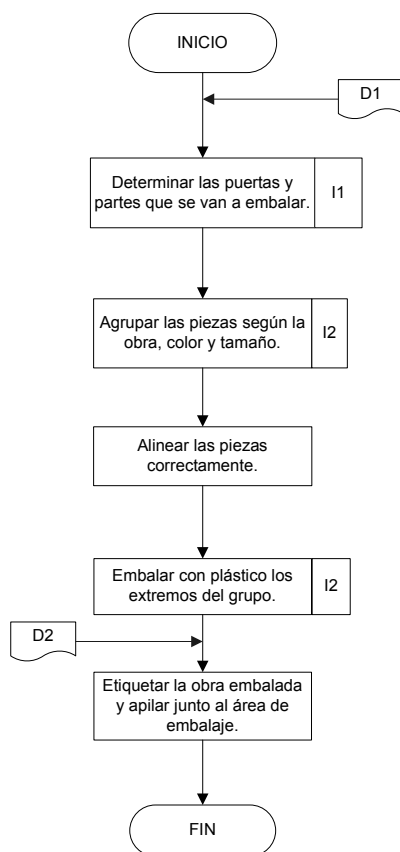


Embalado Puertas

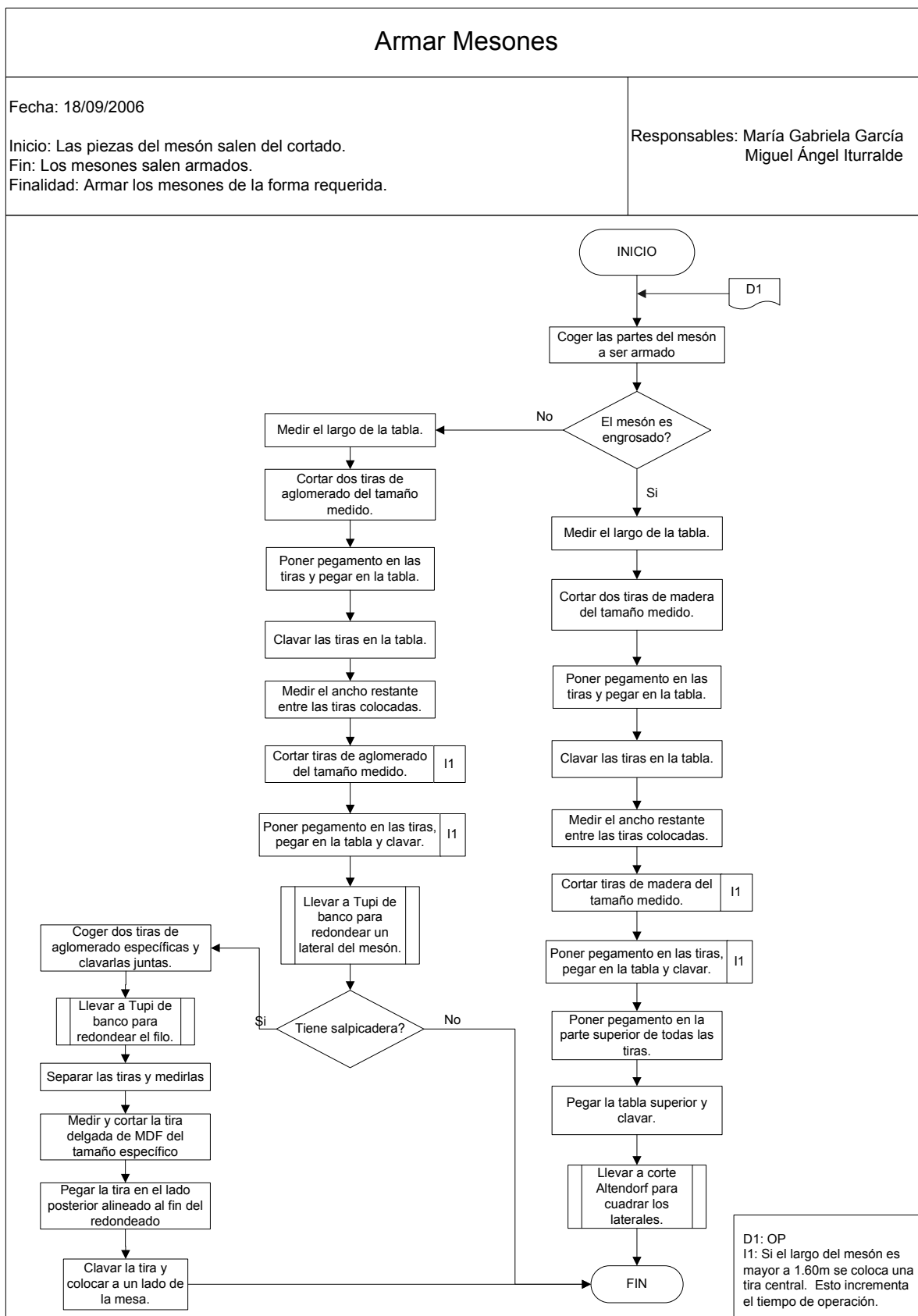
Fecha: 14/09/2006

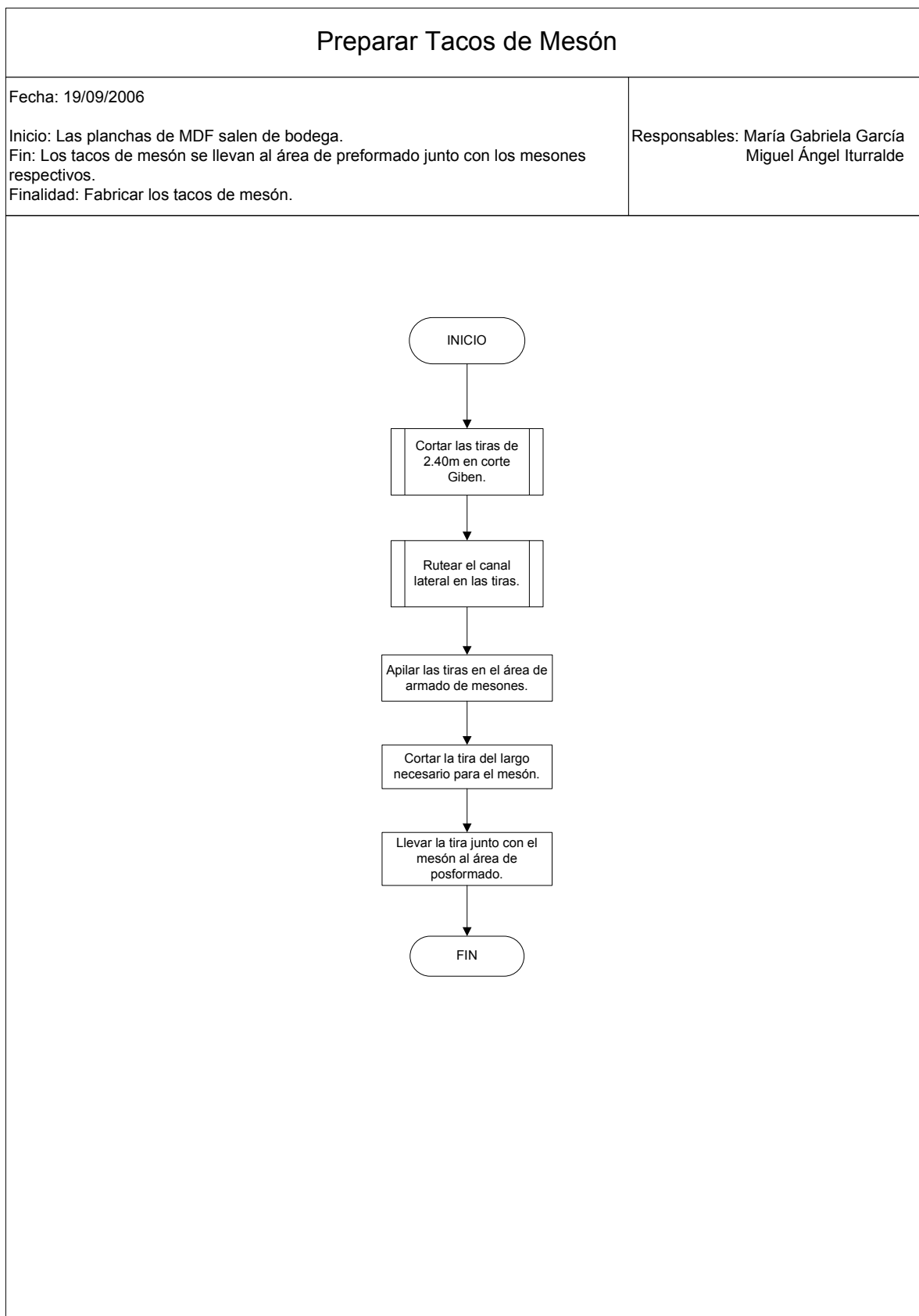
Inicio: Las puertas y partes que se van a embalar se apilan en el área de embalado.
 Fin: Las obras embaladas se colocan a un lado del área de embalado.
 Finalidad: Embalar las puertas y partes según las obras requeridas.

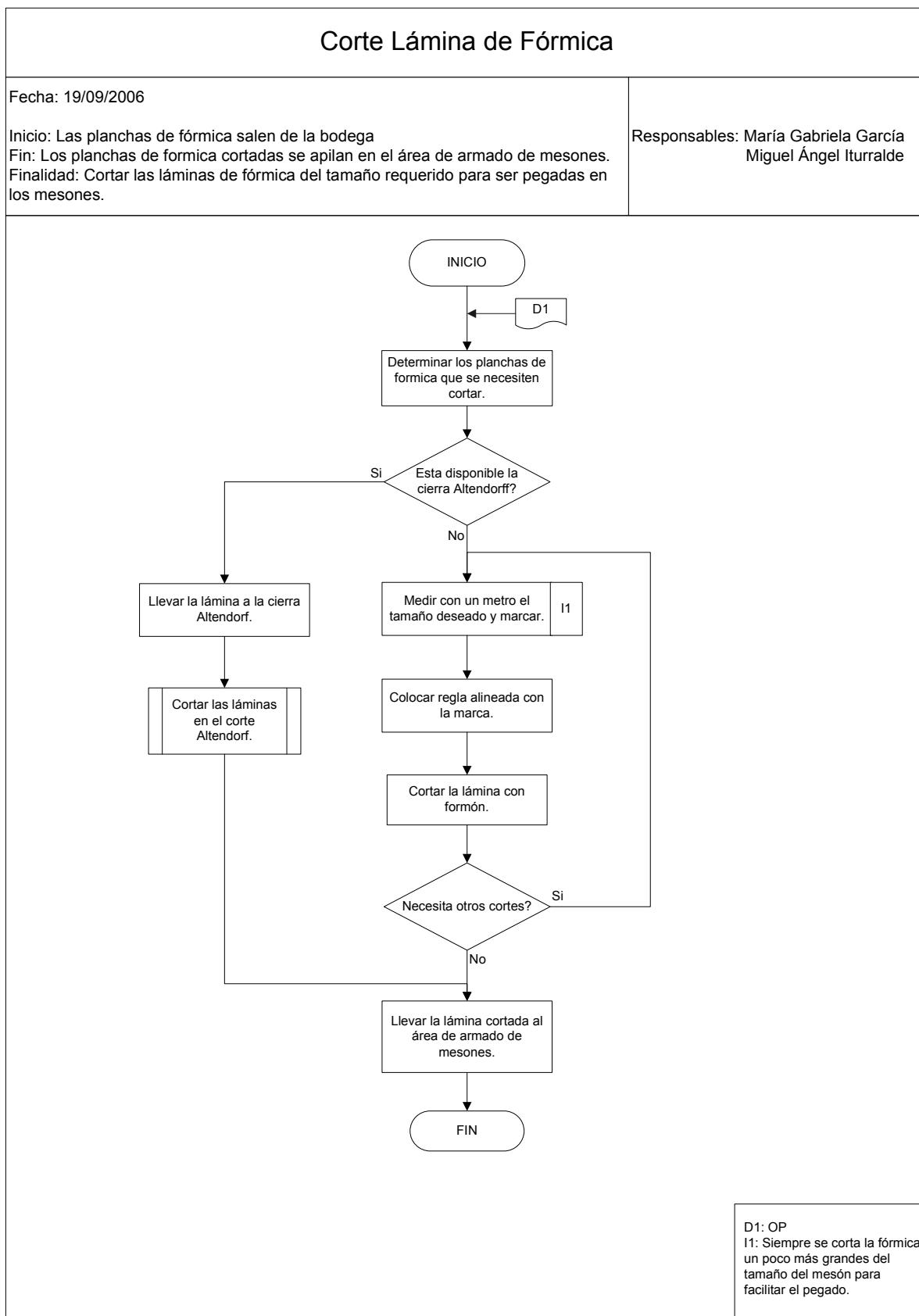
Responsables: María Gabriela García
 Miguel Ángel Iturralde

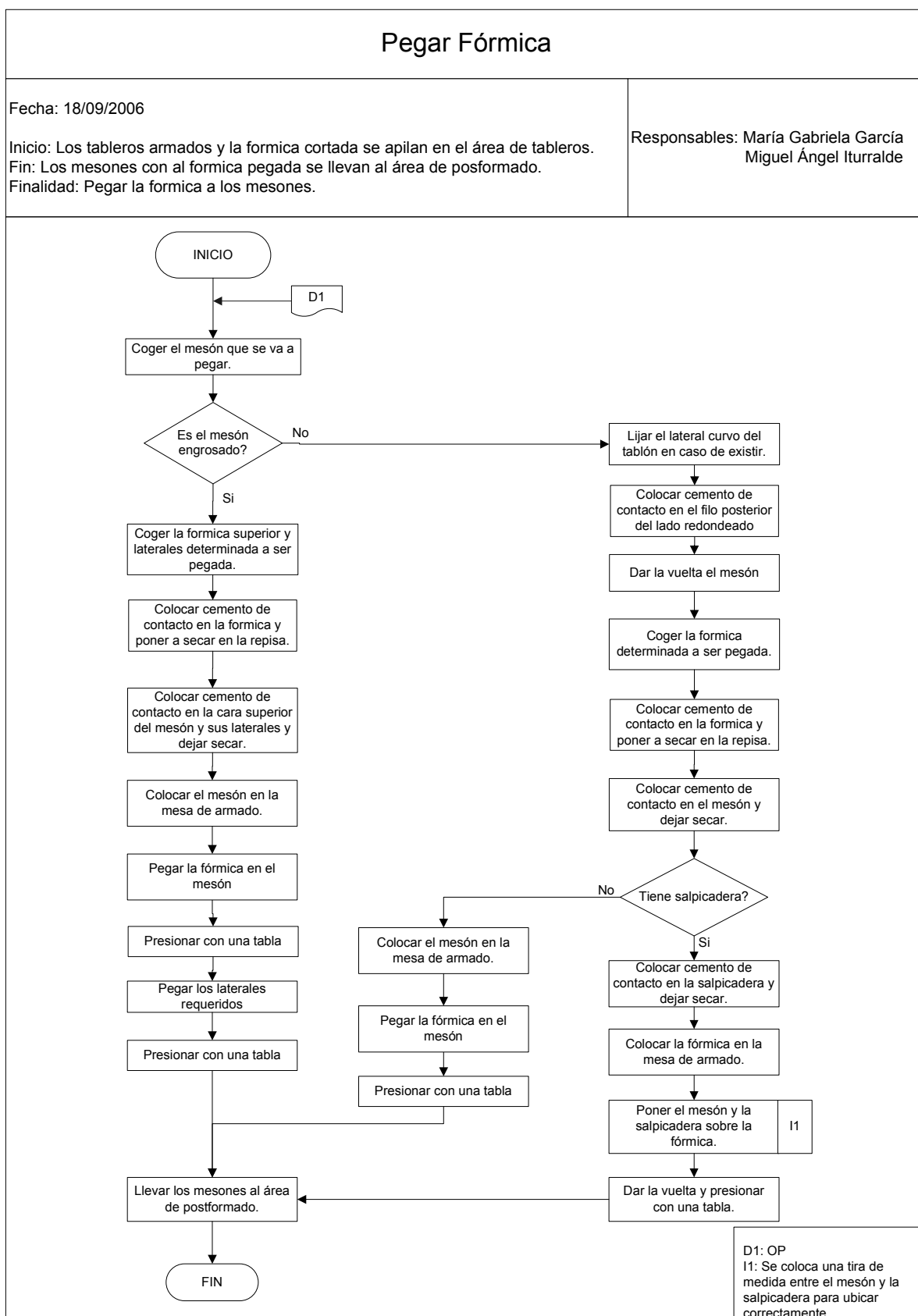


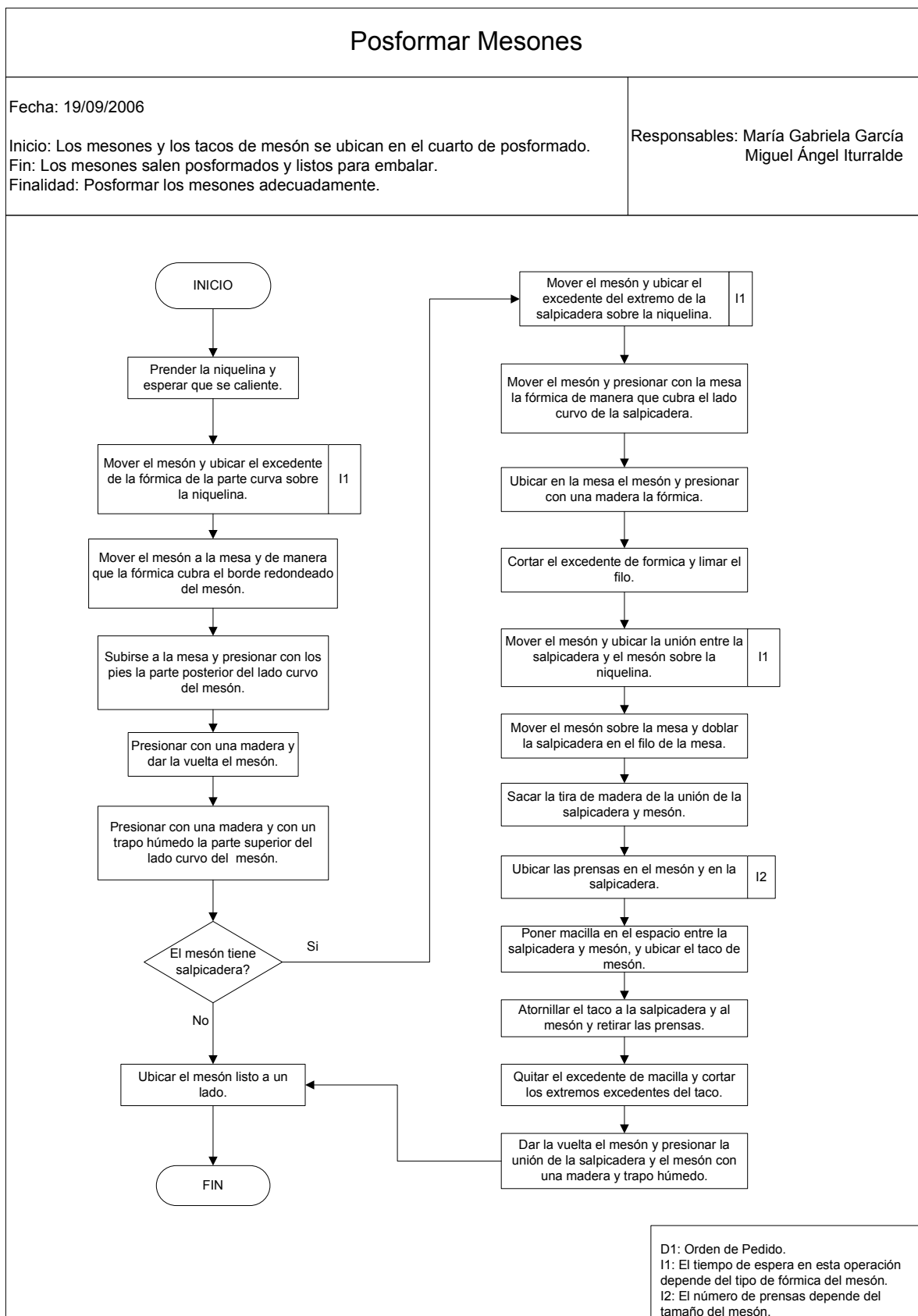
D1: Cronograma de trabajo semanal.
 D2: Etiquetas de las obras de puertas.
 I1: Si las puertas y partes son laminadas proseguir según el cronograma de trabajo y si son puertas para lacar embalar continuamente.
 I2: El tiempo de la operación varía según el tamaño de las puertas y partes.









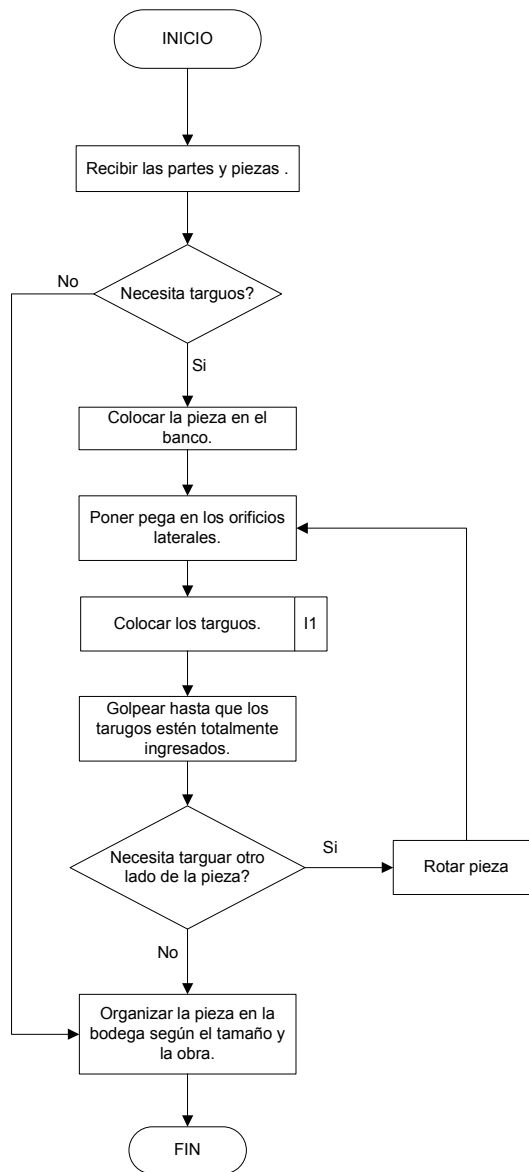


Partes y Piezas - Recepción

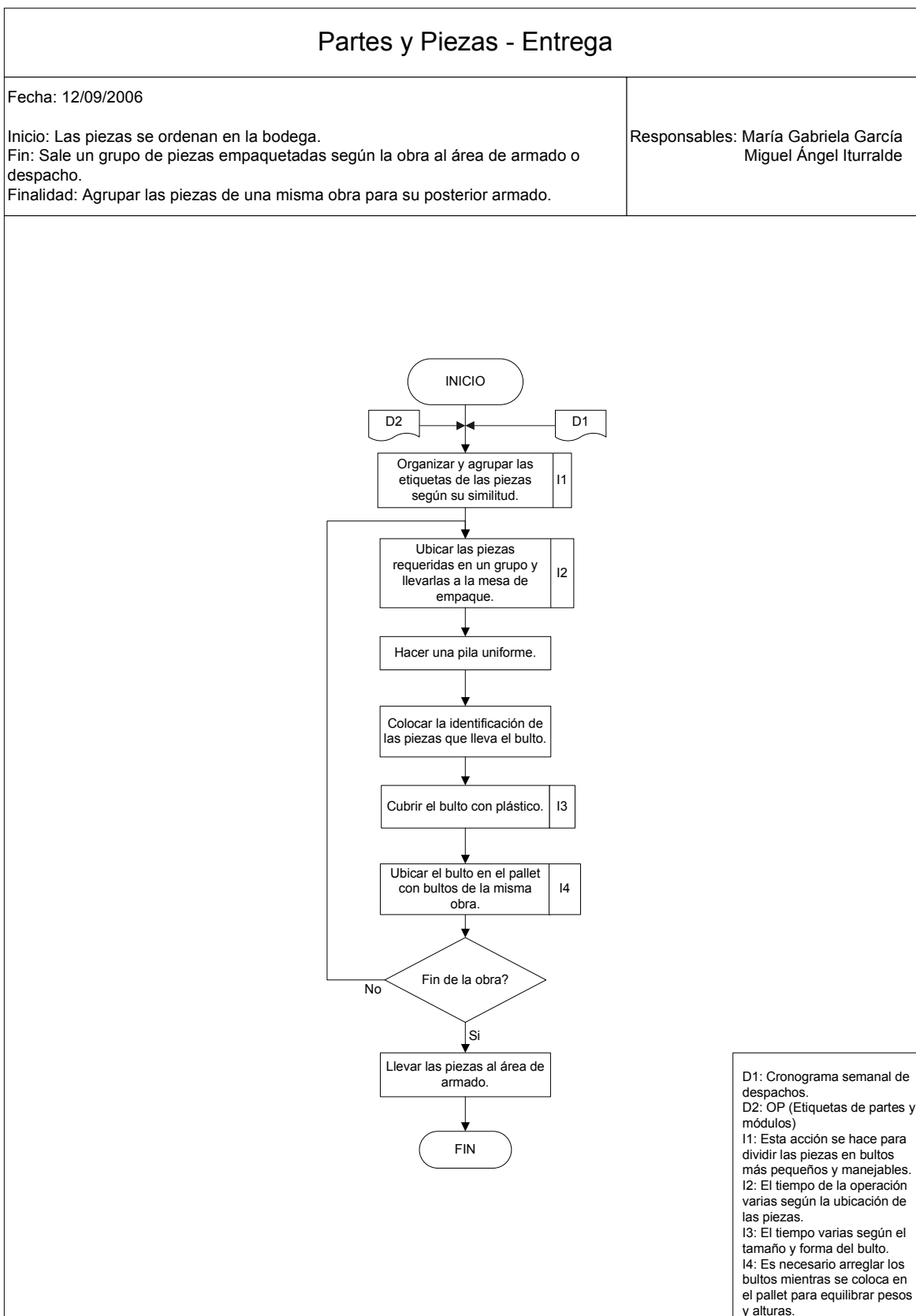
Fecha: 12/09/2006

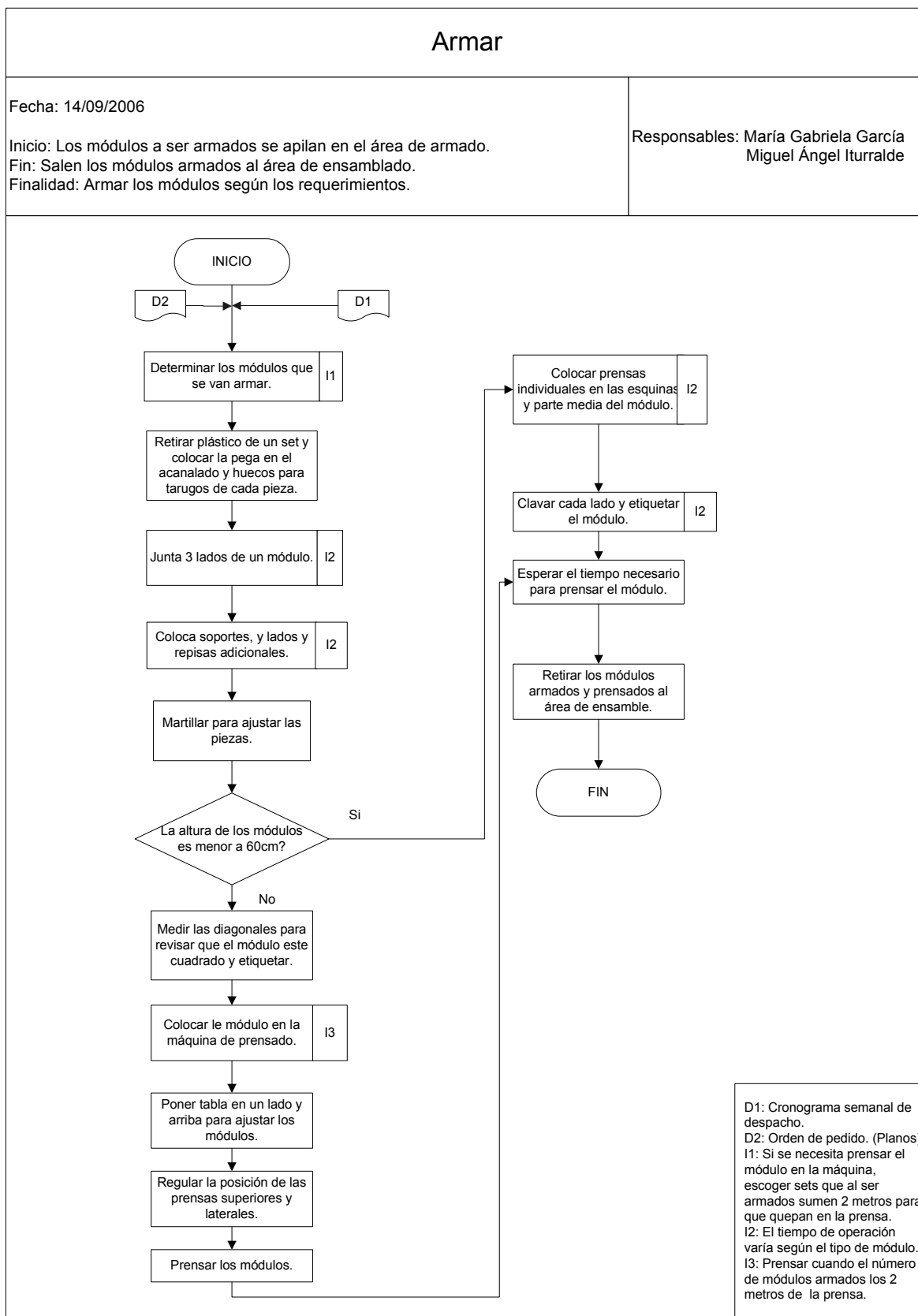
Inicio: Las partes y piezas ingresan a la bodega.
 Fin: Las partes y piezas están organizadas adecuadamente en la bodega.
 Finalidad: Tarugar y organizar las piezas y partes en la bodega.

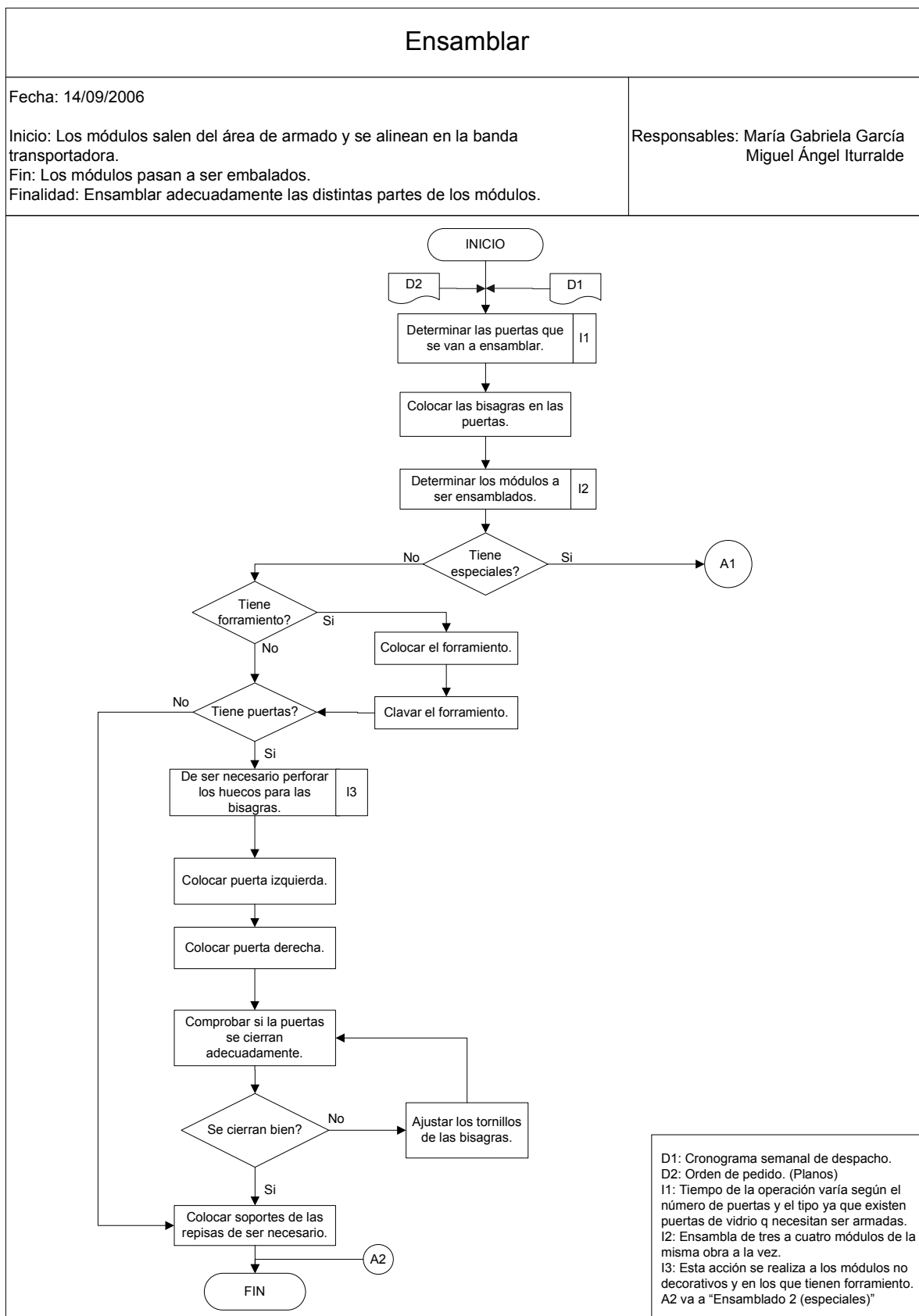
Responsables: María Gabriela García
 Miguel Ángel Iturralde



I1: El tiempo de esta operación varía según el tipo y número de piezas.





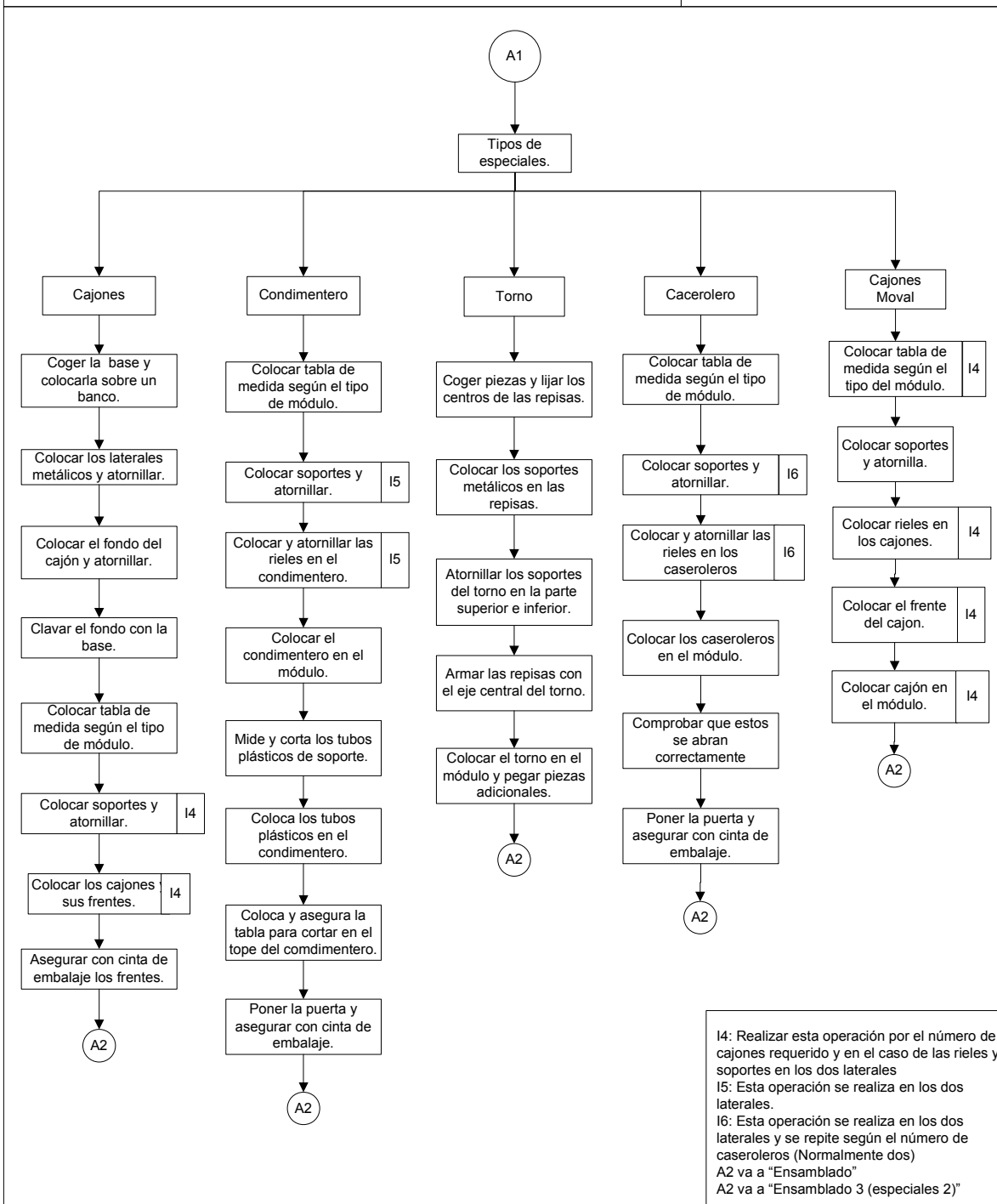


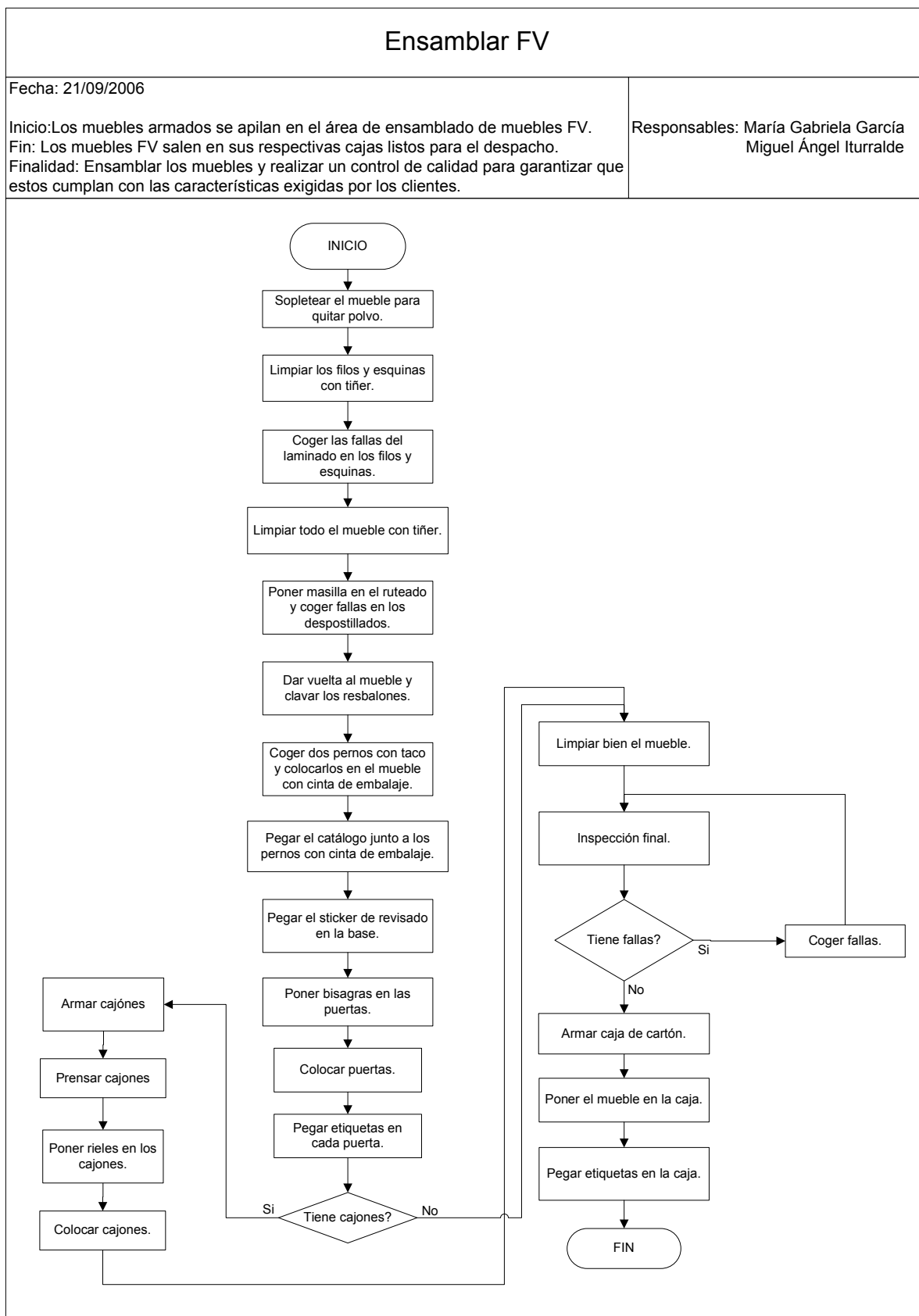
Ensamblar (continuación)

Fecha: 14/09/2006

Inicio: Los módulos salen del área de armado y se alinean en la banda transportadora.
 Fin: Los módulos pasan a ser embalados.
 Finalidad: Ensamblar adecuadamente las distintas partes de los módulos.

Responsables: María Gabriela García
 Miguel Ángel Iturralde



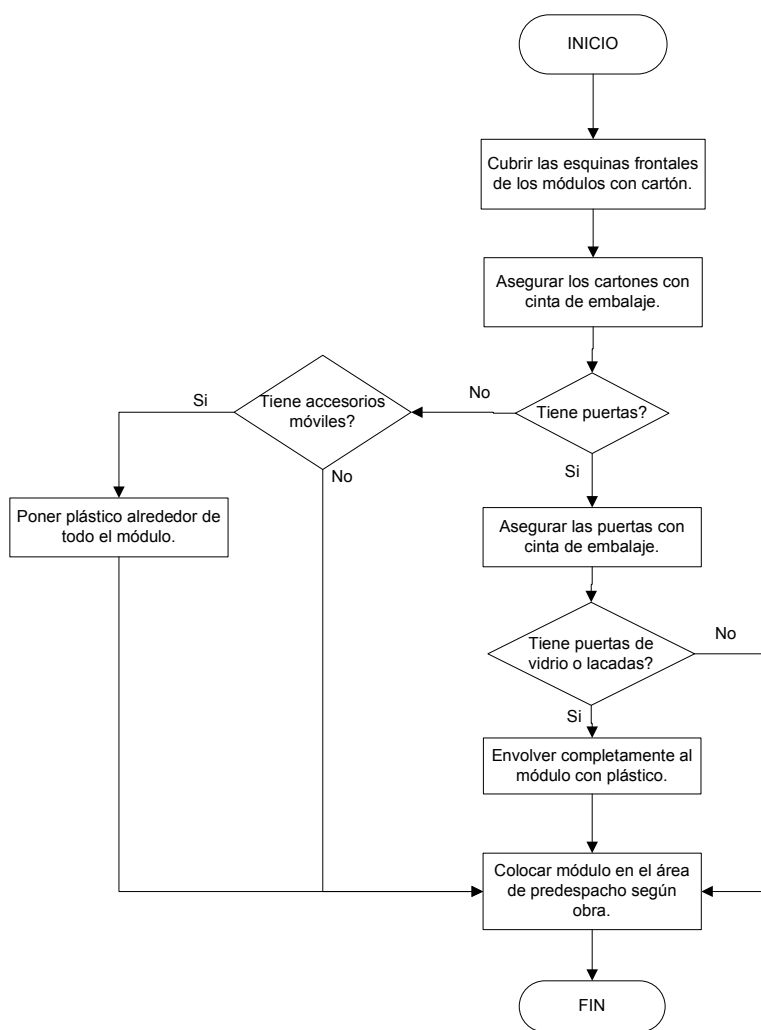


Embalar Módulos

Fecha: 14/09/2006

Inicio: Los módulos se encuentran en el área de ensamblado.
 Fin: Los módulos se apilan en la bodega de predespacho.
 Finalidad: Embalar los módulos para minimizar el estropeo en el transporte.

Responsables: María Gabriela García
 Miguel Ángel Iturralde



I1: El tiempo de la operación varía según el tamaño de las puertas y partes.

Clasificación y Limpieza Muebles FV

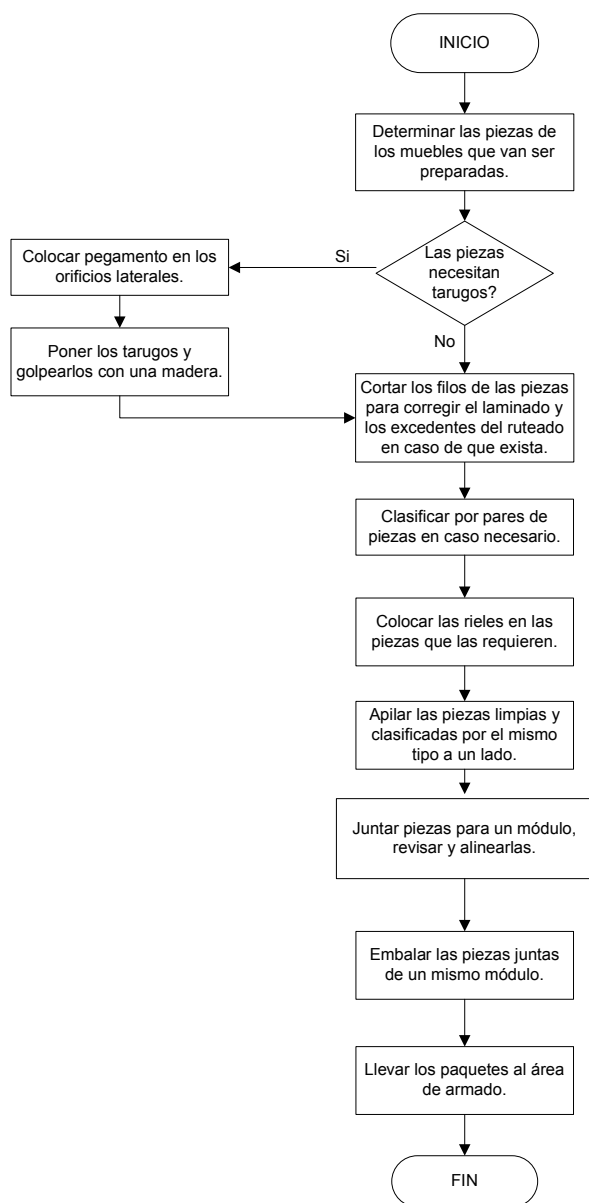
Fecha: 19/09/2006

Inicio: Las piezas se apilan en el área de clasificación y limpieza de muebles de baño.

Fin: Los muebles FV salen en paquetes listos al área de armado.

Finalidad: Limpiar y clasificar las piezas de muebles FV de la manera requerida.

Responsables: María Gabriela García
Miguel Ángel Iturralde



ANEXO 3: FORMATO DE TOMA DE TIEMPOS NO OPERATIVOS

REMODULARSA

Realizado

por: _____

Revisado

por: _____

Fecha: _____

PROCESO: CORTE GIBEN

Hora	Actividad					
	Acomodar Tablones	Acomodar piezas	Set-Up (Cargar Job)	Acomodar piezas	Cortar	Fuera área de trabajo
15:15						
16:00						
16:45						
17:15						
17:45						
19:30						
21:15						
21:45						
22:15						
22:45						

PROCESO: LAMINAR

Hora	Actividad					
	Selección piezas a laminar	Laminar	Acomodar piezas laminadas	Set-up	Limpieza máquina	Fuera área de trabajo
15:15						
16:00						
16:45						
17:15						
17:45						
19:30						
21:15						
21:45						
22:15						
22:45						

REMODULARSA

Realizado

por: _____

Revisado

por: _____

Fecha: _____

PROCESO: PERFORAR

Hora	Actividad				
	Selección piezas a perforar	Set-Up	Perforar	Acomodar piezas perforadas	Fuera área de trabajo
15:15					
15:45					
17:30					
18:00					
18:30					
19:15					
19:45					
21:45					
22:00					
22:15					

PROCESO: ACANALAR

Hora	Actividad				
	Selección piezas a acanalar	Set-Up	Acanalar	Acomodar piezas acanaladas	Fuera área de trabajo
15:15					
15:45					
17:30					
18:00					
18:30					
19:15					
19:45					
21:45					
22:00					
22:15					

PROCESO: BISAGRAR

Hora	Actividad		
	Perforar	Hacer bultos	Fuera del área de trabajo
15:15			
15:45			
17:30			
18:00			
18:30			
19:15			
19:45			
21:45			
22:00			
22:15			

PROCESO: PARTES Y PIEZAS

Hora	Actividad		
	Acomodar piezas	Organizar bultos	Fuera del área de trabajo
15:15			
15:45			
17:30			
18:00			
18:30			
19:15			
19:45			
21:45			
22:00			
22:15			

PROCESO: ARMAR

Hora	Actividad			
	Armar	Set-Up (Colocar prensa)	Sacar material armado	Fuera area de trabajo
15:15				
15:45				
17:30				
18:00				
18:30				
19:15				
19:45				
21:45				
22:00				
22:15				

PROCESO: ENSAMBLAR

Hora	Actividad		
	Ensamblar	Sacar material de ensamble	Fuera del área de trabajo
15:15			
15:45			
17:30			
18:00			
18:30			
19:15			
19:45			
21:45			
22:00			
22:15			

ANEXO 4: RESULTADOS ESTUDIO DE TIEMPOS NO OPERATIVOS

Corte Giben

Fecha	Máquina parada Acomodar tablones	Máquina parada Acomodar piezas	Set-up (Cargar Job)	Cortar	Fuera área de trabajo
1-Feb	2	2	1	3	1
2-Feb		2		14	2
5-Feb		2	2	15	5
6-Feb	3			9	
7-Feb			4	4	
8-Feb				1	2
9-Feb				9	
12-Feb			2	16	2
13-Feb		1		11	5
14-Feb			2	8	
15-Feb			1	8	1
TOTAL	5	7	12	98	18
PORCENTAJE	4%	5%	9%	70%	13%
Tiempo operativo	70%				
Tiempo muerto	30%				

Laminar

Fecha	Selección piezas a laminar	Laminar	Máquina parada Acomodar piezas laminadas	Set-up	Limpieza máquina	Fuera área de trabajo
1-Feb	3	4			1	1
2-Feb		13			4	1
5-Feb	2	13	4		2	2
6-Feb		9	1	2		
7-Feb	1	10	6	1		1
8-Feb		3			1	
9-Feb		8	1			
12-Feb		17	1		1	1
13-Feb	2	9	1		1	4
14-Feb		7		2		2
15-Feb	1	7		1		1
TOTAL	9	100	14	6	10	13
PORCENTAJE	6%	66%	9%	4%	7%	9%
Tiempo operativo	66%					
Tiempo muerto	34%					

Perforar

Fecha	Selección piezas a perforar	Set-up	Perforar	Acomodar piezas perforadas	Fuera área de trabajo
1-Feb	4		2	1	1
2-Feb			14	1	2
5-Feb	10	1	2	1	6
6-Feb	9	1	1		3
7-Feb	1		15	2	
8-Feb			3		1
9-Feb			8		1
12-Feb	1		17		2
13-Feb			10	1	4
14-Feb			10		
15-Feb			8	1	1
TOTAL	25	2	90	7	21
PORCENTAJE	17%	1%	62%	5%	14%
Tiempo operativo	62%				
Tiempo muerto	38%				

Acanalar

Fecha	Selección piezas a acanalar	Set-up	Acanalar	Acomodar piezas acanaladas	Fuera del área de trabajo
1-Feb			1		1
2-Feb	2		5		3
5-Feb	1	1	8	1	1
6-Feb			8	1	1
7-Feb			8		1
8-Feb					
9-Feb			9		
12-Feb	1		9	1	1
13-Feb			6	1	4
14-Feb			5		4
15-Feb	1		6	1	1
TOTAL	5	1	65	5	17
PORCENTAJE	5%	1%	70%	5%	18%
Tiempo operativo	70%				
Tiempo muerto	30%				

Bisagrar

Fecha	Perforar	Hacer bultos	Fuera del área de trabajo
1-Feb			2
2-Feb	14		2
5-Feb	11	1	
6-Feb	9	1	
7-Feb	7	1	1
8-Feb			
9-Feb	9		
12-Feb	11		1
13-Feb	6		5
14-Feb	8	1	1
15-Feb	7	1	1
TOTAL	82	5	13
PORCENTAJE	82%	5%	13%
Tiempo operativo	82%		
Tiempo muerto	18%		

Parte y Piezas

Fecha	Tarugar o acomodar piezas	Organizar bultos	Fuera del área de trabajo
1-Feb	5	5	
2-Feb	7	4	13
5-Feb	15	9	1
6-Feb	9	5	1
7-Feb	9	9	5
8-Feb	3	1	
9-Feb	8	1	
12-Feb	14	4	2
13-Feb	10	4	2
14-Feb	8	2	
15-Feb	7	2	1
TOTAL	95	46	25
PORCENTAJE	57%	28%	15%
Tiempo operativo	57%		
Tiempo muerto	43%		

Armado

Fecha	Armar	Set-up (Colocar prensa)	Sacar material armado	Fuera área de trabajo
1-Feb	7	1		2
2-Feb	14	1		1
5-Feb	18	2		
6-Feb	11		1	
7-Feb	16	2		2
8-Feb	3	1		1
9-Feb	9			
12-Feb	16		2	2
13-Feb	12	2		2
14-Feb	9	1		
15-Feb	8	1		1
TOTAL	123	11	3	11
PORCENTAJE	83%	7%	2%	7%
Tiempo operativo	83%			
Tiempo muerto	17%			

Ensamblado

Fecha	Ensamblar	Sacar material ensamble	Fuera del área de trabajo
1-Feb	8	1	1
2-Feb	15		1
5-Feb	20		1
6-Feb	10		2
7-Feb	17		1
8-Feb			3
9-Feb	9	1	
12-Feb	18		2
13-Feb	11	1	3
14-Feb	9		1
15-Feb	9	1	
TOTAL	126	4	15
PORCENTAJE	87%	3%	10%
Tiempo operativo	87%		
Tiempo muerto	13%		

ANEXO 5: EJEMPLO DE MARÍZ DE CÁLCULO PARA COSTOS DIRECTOS

Modulo: B80P68

Tiempos y costos ensamblado modulos

Tipo modulo	Numero de puertas	Numero de cajones	Tiempo		Costos			Costo directo total	
			P y P Despacho	Armando	P y P Despacho	Armando	Ensamblado		
3	2	0	169	3090.3	471	42.78	0.63	0.25	43.74

Tiempos y costos fabricado partes y piezas

Codigo pieza	Nombre	Cantidad	Largo	Ancho	Laminado L1	Laminado L2	Corte Giben	Tipo canto	Tipo P	1 Golpe	Vuelta	Perforado		Ac.	Bis.	Tar.	P y P ent.
												# Perf. Cor.	Perforaciones de corrido				
P-B	DURAPLAC/NOV	2	396	743	2	2	2	2	0	5	1	2	0	2	0	0	3
E-LI-B-2P	PACOPLAG 7'8"11	1	580	750	0	1	1	1	2	2	2	1	2	2	0	0	1
E-LD-B-2P	PACOPLAG 7'8"11	1	580	750	0	1	1	1	2	5	1	1	0	2	0	4	1
E-BA-B	PACOPLAG 7'8"11	1	770	580	1	0	1	1	2	0	1	0	0	1	0	0	1
E-RS	PACOPLAG 7'8"0	1	780	730	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
E-RH-B	PACOPLAG 7'8"11	1	770	400	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	2	3
E-AJ-A	PACOPLAG 7'8"11	1	770	60	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	2	3
E-AJ-P	PACOPLAG 7'8"11	2	770	60	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
E-AJ-L	PACOPLAG 7'8"11	1	770	60	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
CONTORNO PRTA	CANTO DURO HI	4	450	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
CONTORNO PRTA	CANTO DURO HI	4	800	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
CANTOS CASCO	LAMINA HAYA	2	850	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
CANTOS CASCO	LAMINA HAYA	2	800	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
LAMINA REPISAS	LAMINA BLANCA	1	820	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
ADHESIVO PUERTA	PEGAS TACOS	4	400	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
ADHESIVO PUERTA	PEGAS TACOS	4	750	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
ADHESIVO ESTRUC	PEGAS TACOS	3	800	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
ADHESIVO ESTRUC	PEGAS TACOS	2	750	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	2	3
	TARUGOS	24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	COLA BLANCA	0.045	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	BISAGRA RECTA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PLASTICO	0.1549	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CLAVOS DE 1 1/2	0.0424	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CINTA DE EMBAJ	0.0213	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	SAFETIS	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TORNILLOS DE 2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TACOS F-8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CLAVOS DE 1 1/2	0.0096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CLAVOS DE 1CC	0.004	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	CONNECTORES	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	PATA DE REGUL	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TORNILLOS DE 1	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOPES TRANSPA	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	THINNER	0.0313	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	WAIPE	0.25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tiempos Total por actividad				Costos total por actividad				Costo total Mano de Obra	Costo total material	Costo total piezas
Corte Giben	Laminado	Perforado	P y P	Corte Giben	Laminado	Perforado	P y P			
325	347	299	393	0.31	0.38	0.33	0.18	1.32	41.46	42.78

Nombre	Tiempos				Costos				Costo mano de obra	Costo material	Costo total por piezas
	Corte Giben	Laminado	Perforado	P y P	Corte Giben	Laminado	Perforado	P y P			
DURAPLAC/N	111	218	0	20	0.11	0.24	0	0.01	0.41	10.43	10.84
PACOPAC 7"	24	26	109	21	0.02	0.03	0.12	0.01	0.20	3.50	3.70
PACOPAC 7"	24	26	109	21	0.02	0.03	0.12	0.01	0.20	3.50	3.70
PACOPAC 7"	24	26	25	107	0.02	0.03	0.03	0.05	0.14	3.60	3.74
PACOPAC 7"	24	0	0	0	0.02	0	0	0.01	0.03	4.56	4.59
PACOPAC 7"	24	26	0	21	0.02	0.03	0	0.01	0.06	2.60	2.67
PACOPAC 7"	24	0	14	46	0.02	0	0.02	0.02	0.08	0.37	0.45
PACOPAC 7"	47	0	28	91	0.05	0	0.03	0.04	0.12	0.74	0.86
PACOPAC 7"	24	26	14	46	0.02	0.03	0.02	0.02	0.09	0.37	0.46
CANTO D										0.82	0.82
CANTO D										1.46	1.46
LAMINA										0.27	0.27
LAMINA										0.25	0.25
PEGAS T										0.11	0.11
PEGAS T										0.15	0.15
PEGAS T										0.12	0.12
PEGAS T										0.07	0.07
TARUGOS										0.38	0.38
COLA BLA										0.27	0.27
BISAGRA										3.12	3.12
PLASTICO										0.48	0.48
CLAVOS										0.04	0.04
CINTA EMB										0.03	0.03
SAFETIS										0.13	0.13
TORNILLOS										0.12	0.12
TACOS F-8										0.05	0.05
CLAVOS										0.01	0.01
CLAVOS										0.00	0.00
CONECTOR										0.48	0.48
PATA DE R										2.90	2.90
TORNILLOS										0.08	0.08
TOPES TRA										0.13	0.13
THINNER										0.19	0.19
WAIPE										0.03	0.03

ANEXO 7: MATRÍZ DE CÁLCULO DE CAPACIDAD - DADA LA PRODUCCIÓN SEMANAL

MÓDULOS PRODUCIDOS	0
---------------------------	---

	Proceso								
	Corte Giben	Laminar	Perforar	Acanalar	Bisagrar	P y P	Armar	Armado Prensa	Ensamblar
Módulos altos Prod.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Módulos bajos Prod.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aux y closets Prod.	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Comp Prod.	0	0				0			
DATOS TIEMPOS (seg.)									
T por mod alto	264	454	262	129	89	570	698	2400	433
T por mod bajo	328	360	308	131	90	594	690	2400	549
T por aux o closet	594	763	591	226	149	1303	771	4800	862
T por complemento	65	56	0	0	0	95	0	0	0
CONTROL DE TIEMPOS (h.)									
T total Altos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T total Bajos	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T total Aux	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T total Comp	0	0	0	0	0	0	0	0	0
T total	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tiempo disponible	80	80	80	40	40	240	80	600	160
Diferencia	80	80	80	40	40	240	80	600	160

ANEXO 8: MATRÍZ DE CÁLCULO DE CAPACIDAD - CANTIDAD DE PRODUCTOS VARIABLE

PRODUCCIÓN SEMANAL		Proceso													
Módulos altos Prod.	Módulos bajos Prod.	Módulos altos Prod.	Módulos bajos Prod.	Aux y closets Prod.	Comp Prod.	Corte Giben	Laminar	Perforar	Acanalar	Bisagrar	P y P	Armar	Armar - Prensa	Ensamblar	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
DATOS TIEMPOS (seg.)															
T por mod alto	264	454	262	129	89	570	698	2400	433						
T por mod bajo	328	360	308	131	90	594	690	2400	549						
T por aux o closet	594	763	591	226	149	1303	771	4800	862						
T por complemento	65	56	0	0	0	95	0	0	0						
CONTROL DE TIEMPOS (h.)															
T total Altos	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
T total Bajos	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
T total Aux	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
T total Comp	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
T total	0	0	0	0	0	0	0	0	0				0	0	
Tiempo disponible	80	80	80	40	40	240	80	600	160						
Diferencia	80	80	80	40	40	240	80	600	160						

ANEXO 9: MATRIZ DE CÁLCULO DE CAPACIDAD – MÓDULO SIGNIFICATIVO

TIPO DE MODULO	Modulo	Modulo fabricados en semana	Tiempos por proceso									
			Corte Giben	Laminar	Perforar	Acanalar	Bisagrar	P y P	Amar	Amar prensa	Ensamblar	
ALTO	A50IH75	0	245	418	262	128	67	567	698	2400	356	
	A80H45AB	0	245	418	262	128	67	567	698	2400	471	
	A80H60	0	301	527	262	132	133	577	698	2400	471	
	B30P40BOT	0	285	199	537	180	67	760	690	2400	356	
	MBS60	0	277	496	229	122	133	578	690	2400	471	
	B30P58C	0	435	612	452	122	67	877	690	2400	481	
BAJO	B50	0	269	236	299	128	67	552	690	2400	356	
	B60P58G4	0	578	628	266	131	0	619	690	2400	971	
	B80P58	0	325	347	299	137	133	562	690	2400	471	
	B90P58G3SVQ	0	357	428	266	140	0	551	690	2400	808	
	EBT	0	301	320	262	136	133	577	690	2400	1378	
	MB60	0	230	316	299	97	133	583	690	2400	471	
	AX50IH198RP58	0	388	542	414	222	118	1129	771	4800	0	
	AX65H138H2	0	316	478	578	209	118	1063	0	0	0	
	AX80H138DM	0	1012	1296	532	213	236	1870	0	0	0	
	CL100H198C1P58	0	396	466	574	237	236	1198	0	0	0	
AUXILIAR O CLOSET	CL50IH198RP58	0	411	346	736	222	118	1185	771	4800	0	
	CM50RI	0	800	1055	576	247	118	1341	771	4800	971	
	CM60IH198R	0	800	1055	576	247	118	1341	771	4800	971	
	MBAX30G2P30	0	626	864	746	211	133	1298	771	4800	645	
	CITP	0	62	33	0	0	0	110	0	0	0	
	CR	0	24	0	0	0	0	110	0	0	0	
	FV60H75TP	0	62	110	0	0	0	81	0	0	0	
	LVAH75TP	0	62	109	0	0	0	81	0	0	0	
	PETP	0	124	114	0	0	0	91	0	0	0	
	REP30P30M	0	62	25	0	0	0	81	0	0	0	
ZOMELH12	0	62	0	0	0	0	110	0	0	0		
TIEMPO TOTAL			0	0	0	0	0	0	0	0	0	